

N° D'ODRE :

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEURS-ES-SCIENCES

PAR

G. NOVIKOFF

1^{re} THESE : Contribution à l'étude des relations entre le sol et la végétation halophile de Tunisie.

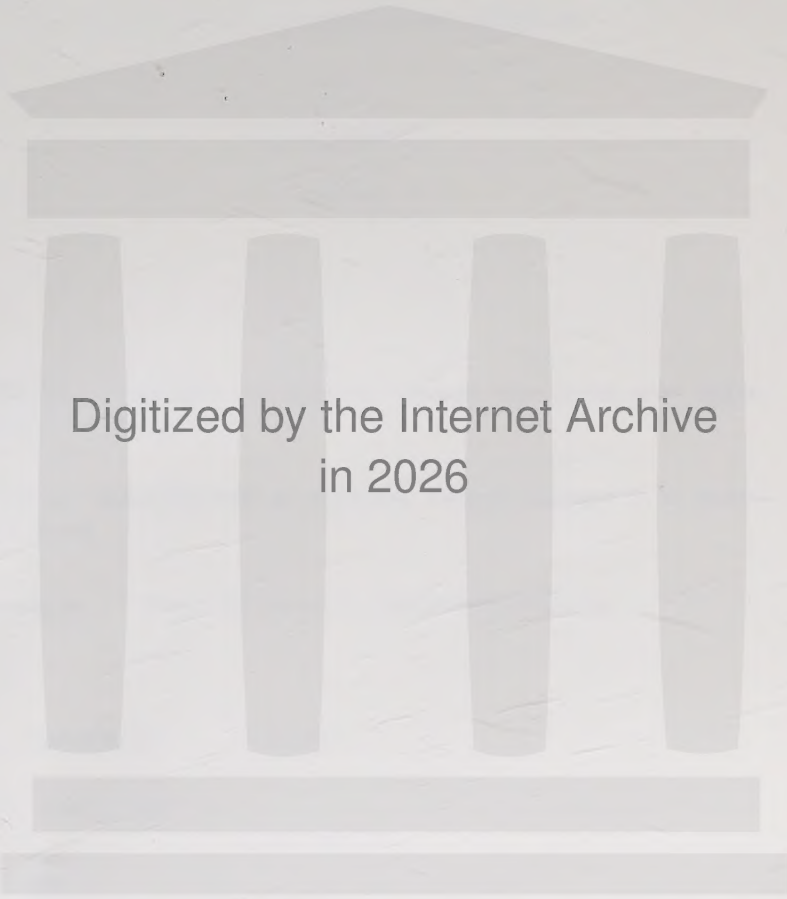
2^e THESE : Relations entre la végétation, l'érosion hydrique et la conservation du sol.

Soutenue le Mars 1965 devant la Commission d'examen.

MM. L. EMBERGER *Président.*

Ch. SAUVAGE	}	<i>Examineurs.</i>
J. AVIAS		

G. AUBERT, Invité, Chef de la Section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548307_0003

N° D'ODRE :

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEURS-ES-SCIENCES

PAR

G. NOVIKOFF

1^{re} THESE : Contribution à l'étude des relations entre le sol et la végétation halophile de Tunisie.

2^e THESE : Relations entre la végétation, l'érosion hydrique et la conservation du sol.

Soutenue le Mars 1965 devant la Commission d'examen.

MM. L. EMBERGER *Président.*

Ch. SAUVAGE	}	<i>Examineurs.</i>
J. AVIAS		

G. AUBERT, Invité, Chef de la Section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.

FACULTE DES SCIENCES DE MONTPELLIER

LISTE DES PROFESSEURS

Doyen : B. CHARLES.

Assesseurs : R. JOUTY.

I. ASSENMACHER.

Doyen honoraire : P. MATHIAS.

Professeurs honoraires : R. JACQUES. J. SOULA.
M. CASTERAS. G. DENIZOT.
E. CARRIERE. J. GRANIER.
E. TURRIERE.

Professeurs titulaires :

M. MOUSSERON Chimie.
L. EMBERGER.. Botanique.
Ch. BOUBET .. Physique.
P. MATHIAS .. Zoologie et Biologie
Générale.
J. P. ROIG Physique.
P. CHATELAIN. Minéralogie et Cris-
tallographie.
M^{lle} O. TUZET. Zoologie et Biologie
Générale.
M^{lle} G. CAU-
QUIL Chimie.
G. COUCHET .. Mécanique Supérieure.
J. SALVINIEN.. Chimie-Physique.
M^{lle} A. M. VER-
GNOUX Physique.
J. AVIAS Géologie.
P. VIELES Chimie.
J. RABINO-
VITCH Physique (C.S.U.).
E. KAHANE ... Chimie Biologique.
J. . MOREAU .. Mécanique Ration-
nelle.
B. CHARLES .. Mathématiques Pu-
res.
J. MOTTE Botanique.
R. JOUTY Physique.
C. CHALIN ... Physique.
I. A S S E N M A -
C H E R Physiologie Animale.
B. PISTOULET. Physique.
Ch. ROUMIEU . Analyse Supérieure.
A. POTIER Chimie Minérale.
R. LAFONT ... Physique.

R. JACQUIER .. Chimie.
J. FALGUEIRET-
TES Minéralogie.
M^{me} CHARLES.. Mathématiques.

Professeur titulaire en surnombre :

M. BOUIX Mathématiques.

Professeurs sans chaire :

M^{me} DE BOUC-
QUES Botanique.
P. MURAOUR.. Géophysique Appli-
quée.
M^{me} M. LAFON. Mathématiques.
M. MATTHAUER. Géologie.
P. CAILLON .. Physique.
G. TOURNE .. Chimie.
L. EUZET Zoologie (C.S.U.).
J. REMY Géologie.
M^{me} G. VERNET. Biologie Animale.
H. ENDRILLAT. Astronomie.
P. DEMANGEON. Géologie.
Ch. SAUVAGE.. Botanique.
A. BONNET ... Botanique.
J. ROUZAUD .. Chimie.
M. SAVELLI .. Physique.

Maitres de conférences :

M^{me} Ch. D U-
BOUL - R A-
ZAVET Géologie (C.S.U.).
H. CHRISTOL . Chimie.
E. GROUBERT.. Physique.

M^{me} H. GUAS-
TALLA Biologie Physico-Chi-
mique.
J. P. LAFON .. Mathématiques.
A. STEINER ... Psychophysiologie.
G. LAMATY .. Chimie.
C. DELOUPY .. Physique.
L. GRAMBAST.. Botanique.
R. GAUFRES .. Chimie.
F. PROUST ... Géologie.
A. BASSOM-
PIERRE Physique.
A. MARTINEAU Mathématiques.
R. MARTY ... Physiologie Animale.
M. MAURIN .. Chimie.
M. BOURDU .. Physiologie Végétale.
J. J. SOULIER .. Chimie (C.S.U.).

J. PARIS Biologie Animale (C.
S.U.).

Chargés d'enseignement :

LEFRANC Mathématiques.
A. STURER ... Mathématiques.
M^{me} A. BAIL-
LETTE Mathématiques (C.
S.U.).
P. MOLINO ... Mathématiques (C.
S.U.).

Secrétaire principal :

E. SIAU

AVANT-PROPOS

Au moment de publier ce mémoire, qui constitue ma thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, je ne puis penser à tous ceux qui m'ont guidé et aidé de nombreuses manières, au cours de mes recherches, sans ressentir à leur égard des sentiments de profonde gratitude.

Qu'il me soit permis de citer et de remercier tout d'abord, le nom du Professeur L. Emberger, Correspondant de l'Institut, qui m'a guidé et conseillé tout le long de mes études universitaires et de mes recherches. Par ses enseignements, il m'a profondément marqué; je resterai toujours son élève reconnaissant.

M. le Professeur G. Aubert a bien voulu diriger l'élaboration de mon mémoire pour toute la partie pédologique, et a accepté également de vérifier les descriptions des profils des sols et d'en contrôler l'interprétation. Les nombreuses heures qu'il m'a consacrées, les conseils qu'il m'a donnés, ses connaissances pédologiques si grandes, ont été pour moi si précieux que je ne sais pas comment j'aurais pu conduire à bonne fin une tâche sans une assistance aussi bienveillante et féconde. Qu'il me permette également de lui dire combien je suis honoré et heureux de le voir dans mon Jury.

Pour certains chapitre, j'ai pu bénéficier des conseils et des profondes connaissances de M. le Professeur Ch. Sauvage. Il a bien voulu accepter avec MM. Emberger et Aubert, de juger ma thèse. Je le prie d'agréer l'expression de mes sentiments respectueusement reconnaissants.

Ma dette de reconnaissance est grande aussi envers les autorités tunisiennes et un grand nombre de mes compatriotes de Tunisie, dont j'ai maintes fois éprouvé le dévouement et reçu une aide efficace.

Mes remerciements vont tout particulièrement à M. Lassaad ben Osman, Ingénieur principal, Chef du Service de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (H. E. R.) de Tunisie, pour sa grande compréhension des problèmes qui ont fait l'objet de ma thèse et l'aide constante reçue.

Que M. Patrice Roederer, Chef de la Mission O.R.S.T.O.M. en Tunisie jusqu'en juillet 1963, sans l'obligeance et le soutien duquel ce travail n'aurait pas été possible, trouve ici l'expression de toute ma gratitude.

Au cours de mes nombreuses tournées avec les pédologues du Service de l'H.E.R., j'ai pu profiter de l'expérience de mes camarades et discuter utilement beaucoup de question; je pense à MM. Bureau, Chef du Service pédologique de la S.O.G.E.T.A., et à M. Cointepas Chef actuel de la Mission ORSTOM-Tunis, à MM. Chauvel, Dimanche, Fournet, Mori, Sourdat, pédologues.

Je remercie enfin beaucoup MM. les dessinateurs du Service de l'H.E.R. pour l'exécution des dessins de mon travail.

L'UNESCO qui m'a fait l'honneur de m'appeler auprès de lui, pour collaborer à la grande et difficile tâche qu'il a entreprise pour améliorer la condition humaine, m'a donné aussi une marque de confiance à laquelle j'ai été extrêmement sensible. Je souhaite que ma modeste contribution à l'oeuvre entreprise soit en même temps l'expression de mes sentiments très reconnaissants.

Mais, je ne voudrais pas oublier aussi tout ce que je dois à ceux avec lesquels j'ai été étroitement associés au cours de mes premières années de ma carrière scientifique, lorsque je faisais partie de l'équipe de phytosociologues que M. Emberger avait constituée pour la Tunisie et qui a été dirigée sur place avec tant de dévouement paternel et de compétence par M. le Professeur A. Vernet, actuellement Professeur à l'Institut Agronomique. Je conserve le meilleur souvenir de ces années, vécues en commun avec mes camarades MM. M. Gounot, H. Le Houerou, G. Long, A. Schoenenberger et M. Thiault; elles furent riches et fécondes pour ma formation. Pendant cette période, j'ai fréquenté aussi beaucoup le *Service Botanique de Tunisie, actuellement, Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (I.N.R.A.T.)*, dirigé par M. G. Valdeyron, Professeur à l'Institut Agronomique.

Je les remercie tous de tout ce qu'ils m'ont donné et de tout ce que j'ai appris à leur contact.

Comme ancien élève de l'Institut Botanique, comment ne pas penser à M^{me} Chostenko, ancien Professeur à l'Université de Kharkov, qui, depuis 20 ans, est l'amie vénérée et aimée de tous les jeunes qui débudent dans la Recherche Scientifique. Grande est la dette de gratitude de nous tous vis à vis d'elle, car incalculables sont les services qu'elle a rendus et inépuisable son dévouement.

G. Novikoff

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES RELATIONS ENTRE LE SOL ET LA VEGETATION HALOPHILE DE TUNISIE

	Pages
PREMIERE PARTIE	
GENERALITES ET METHODES	5
I. — LIMITES ET BUTS DU TRAVAIL	5
II. — METHODES D'ETUDE ET DE CARACTERISATION DE LA VEGETATION HALOPHILE	8
DEUXIEME PARTIE	
VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES ...	27
I. — VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES A DEBIT SOLIDE PEU ELEVE	28
II. — VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES A DEBIT SOLIDE ELEVE	83
III. — CONCLUSIONS CONCERNANT L'ETUDE DE LA VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES	96
TROISIEME PARTIE	
VEGETATION HALOPHILE DES DEPRESSIONS FERMEES ...	105
I. — GENERALITES	105
II. — ETUDE DE LA VEGETATION HALOPHILE DES CHOTTS	107
III. — ETUDE DE LA VEGETATION HALOPHILE DES GARAAS	139
QUATRIEME PARTIE	
VEGETATION HALOPHILE DES BOURRELETS EOLIENS ARGILEUX DE BORDURE DE SEBKHA	191

CINQUIEME PARTIE

VEGETATION HALOPHILE DES ZONES DE BORDURE DE P I E D M O N T S, DES CONES D'EPANDAGE, CONES DE DEJECTION	215
--	-----

SIXIEME PARTIE

VEGETATION HALOPHILE DES OASIS ET PROBLEMES D'AMENAGEMENT DES PALMERAIES	241
---	-----

SEPTIEME PARTIE

VEGETATION HALOPHILE DES MARAIS SALES COTIERS..	277
---	-----

HUITIEME PARTIE

CONCLUSIONS GENERALES,
BIBLIOGRAPHIE, PIECES ANNEXES

I. — CONCLUSIONS GENERALES	293
II. — BIBLIOGRAPHIE ..	311
III. — CLASSIFICATION DES SOLS SALES ETUDIES	323

PREMIERE PARTIE

GENERALITES ET METHODES



G. Novikoff ¹

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES RELATIONS
ENTRE LE SOL ET LA VEGETATION HALOHILE DE TUNISIE ²

GENERALITES ET METHODES

I. LIMITES ET BUTS DU TRAVAIL

La végétation halophile, qui est celle se développant dans les milieux salés (Warming, p. 136, 1925), couvre en Tunisie de vastes surfaces. Aussi dans ce travail, nous nous sommes proposés, bien plus qu'un inventaire complet et détaillé, d'étudier les relations entre cette végétation et les principaux facteurs écologiques qui la conditionnent (salure, hydromorphie, différents bioclimats, texture du sol); par là, on définit la valeur indicatrice de cette végétation, perspective par laquelle nous rejoignons les problèmes de mise en valeur.

L'étude de cette végétation, nous insistons là dessus, ne consiste pas seulement en une appréciation des taux de salure. Une telle pratique, si elle met en évidence le rôle de ce facteur écologique, principal qu'est la salure, ne permet pas de révéler l'importance et le jeu des autres facteurs, ainsi que la zonation de la végétation halophile. Par exemple, en Tunisie, il existe des groupes écologiques exclusivement liés à la salure, se développant dans des conditions de bioclimat et de texture variés; d'autres groupes écologiques dépendent pour leur répartition, beaucoup moins du taux de salure et sont plus strictement liés à l'hydromorphie, la texture, le climat.

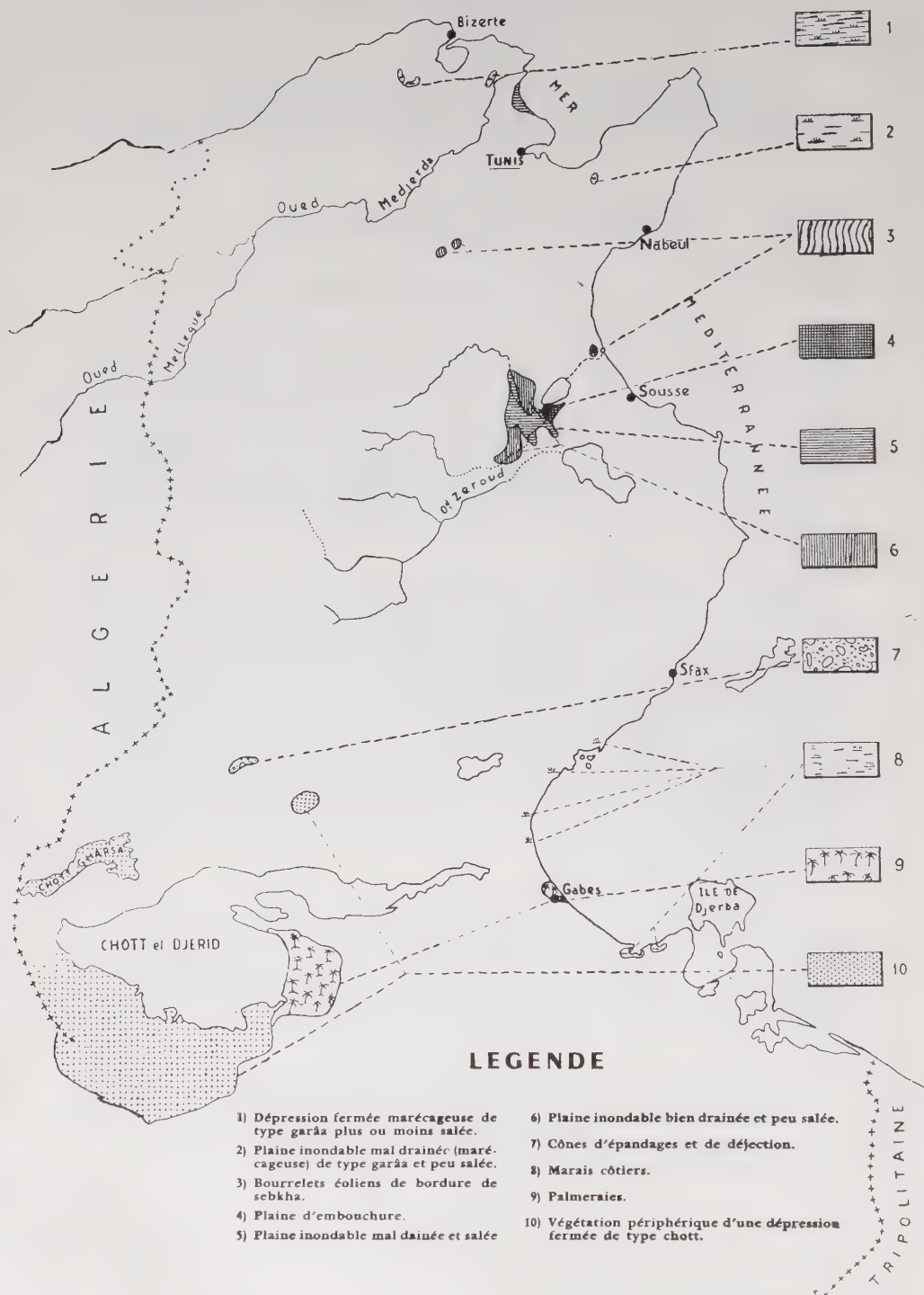
Complexité du problème.

Le problème ainsi posé se révèle extrêmement complexe. Comment, dans un territoire climatiquement aussi varié que la Tunisie, étudier l'action, et surtout les interactions de tous ces facteurs ? Or, les études de terrain nous ont montré qu'il existait une relation plus ou moins étroite entre les types géomorphologiques et la végé-

1. — Chargé de recherches O.R.S.T.O.M. Section de Pédologie de Tunisie.

2. — Manuscrit reçu pour la publication le 1^{er} septembre 1963.

Fig. 1 : ESQUISSE MONTRANT LA LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES UNITES NATURELLES
SALEES LES PLUS IMPORTANTES ETUDIEES EN TUNISIE AU COURS DE NOTRE TRAVAIL



tation : cette liaison est stricte, par exemple pour le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Spergula diandra* (groupement N° 2); elle est plus lâche pour d'autres groupements (N° 3).

Unités naturelles.

A ces types géomorphologiques correspondent dans certaines conditions des caractères hydrologiques et pédologiques qui leur sont spécifiques. La combinaison de ces types géomorphologiques et des facteurs hydrologiques et pédologiques réalise ce que l'on peut appeler de véritables unités naturelles, analogues à ce que V.A. Kovda a nommé *types de paysages salés* (1950, 1954). Dans notre étude, de telles unités naturelles, (qui sont aussi des grandes unités stationnelles) sont :

- les plaines inondables.
- les dépressions fermées.
- les bourrelets éoliens de bordure de sebkha.
- les bordures de piedmont, les cones d'épandage salés.
- les oasis.
- les marais côtiers.

Ces unités sont, en outre, indépendantes du climat : par exemple, les plaines inondables existent aussi bien dans l'étage de végétation subhumide d'Emberger que dans l'étage de végétation semi-aride ou saharien. Il est donc possible d'étudier l'influence du climat sur la répartition de la végétation halophile. Un travail basé sur ce principe a été déjà réalisé en U.R.S.S. par V.J. Beidemann (Manuel de Géobotanique de terrain, page 200) sur les *poïmi*, cônes d'épandages plus au moins bien drainés, où se développe une végétation hygrophile : Beidemann a pu ainsi comparer la végétation des *poïmi* sous différents climats et séparer l'action du climat de celle des autres facteurs.

En outre, dans une zone bioclimatique donnée et à l'intérieur d'une même unité naturelle, on peut observer des gradients de salure et d'hydromorphie, ce qui définit les subdivisions de ces unités : par exemple, dans les plaines inondables, la végétation de la plaine de l'oued Medjenine (près d'Enfidaville, Sahel de Sousse, voir page 73) caractérise une plaine inondable très salée, alors que la végétation de la plaine de Soliman (région du Cap Bon, voir page 29) caractérise une plaine peu salée et marécageuse, où les conditions de submersion sont beaucoup plus accentuées que précédemment.

Nous avons groupé dans la figure 1 la localisation des principales unités naturelles étudiées en Tunisie.

II. METHODES D'ETUDE ET DE CARACTERISATION DE LA VEGETATION HALOPHILE

Nous étudierons successivement dans ce chapitre

- Principes fondamentaux ayant servi à l'étude de la végétation.
- Techniques d'étude de la végétation halophile.

Principes fondamentaux ayant servi à l'étude de la végétation

Notre étude de la végétation halophile de Tunisie a été basée sur des recherches intégrées et coordonnées de Phytosociologie, Géomorphologie, Pédologie, Hydrologie superficielle. Chaque fois que cela était possible, nous avons essayé de recouper les résultats obtenus par chacune de ces quatre disciplines, et non de présenter celles-ci séparément; nous avons déjà appliqué de tels principes dans certaines études de mise en valeur effectuées en Tunisie (G. Novikoff, 1962 a, b; G. Novikoff et P. Bureau, 1959, 1963; G. Novikoff et J. Damagnez 1962).

Notre étude phytosociologique a tenu également compte des travaux de Duvigneaud (1946), Ionesco (1956), Nègre (1956), et des mises au point effectuées par Gounot (1961).

Techniques d'étude de la végétation halophile.

Nous envisagerons d'abord les techniques d'étude phytosociologique, ensuite les techniques d'étude pédologique.

TECHNIQUES D'ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE

- Etablissement des relevés en milieu homogène ou hétérogène.
- Existence des milieux salés hétérogènes; notion de superposition ou de juxtaposition.
- Notion de groupe écologique monospécifique.
- Mise en évidence des groupes écologiques halophiles

Etablissement des relevés en milieu homogène ou hétérogène. En milieu salé homogène, l'établissement des relevés ne pose pas de problèmes particuliers. Dans certaines conditions, on peut arriver à y déterminer une aire minimum. De même, l'affectation des coefficients d'abondance et de dominance, notés séparément, ne présente aucune difficulté. Lorsque dans un relevé existait une touffe d'une espèce, nous l'avons notée comme rare (symbole R). Lorsque le milieu est hétérogène, il existe alors une végétation à plusieurs éléments (Gounot, 1956); une cartographie détaillée permet de préciser, lorsque cela est nécessaire, l'importance des surfaces couvertes par chacun de ces éléments (voir par exemple page 173).

Dans certaines conditions, existent des groupements différents suivant qu'il s'agit d'un sol recouvert d'une certaine tranche d'eau ou du même sol en voie de ressuyage. Dans le premier cas, on observe des groupes écologiques d'hydrophytes, dans le second des groupes écologiques des marécages : Nous avons nommé phase à hydrophytes et phase marécageuse de telles variations de la végétation en fonction du milieu.

Cette végétation à phases doubles correspond à des conditions stationnelles particulières. Dans le cas le plus fréquent, il existe pour chaque groupement, une composition floristique optimum à laquelle correspond des conditions écologiques également optimales. Certes, il y a des variations floristiques mais elles ne sont ni cycliques ni suffisamment importantes pour constituer des phases ou des facies distincts dans le temps, ou des groupes écologiques fixes associés à des groupes écologiques mobiles, comme c'est le cas dans les associations des *dañas* (Sauvage).

Existence des milieux salés hétérogènes, superposés ou juxtaposés. Dans de tels milieux salés, l'hétérogénéité se manifeste suivant une dimension verticale, et non, comme dans le cas normal, suivant une dimension horizontale. Des cas isolés de superposition de milieux de salure différente ont été observés : ainsi, Chennikov (1936), citant Keller, signale que la présence d'espèces halophiles au milieu d'une végétation steppique, révèle l'existence d'un horizon salé dans un sol steppique. De la même manière, V.J. Beidemann (1953) indique l'existence de milieux hétérogènes, plus en rapport d'ailleurs dans son cas avec le régime hydrique du sol qu'avec les variations de salure. Nous avons pu démontrer qu'en Tunisie les milieux salés hétérogènes sont très fréquents, (G. Novikoff, 1958) et à ceux-ci correspondent le plus souvent des groupes écologiques distincts; dans un certain nombre de cas, le système racinaire de tels complexes a été étudié et nous avons vérifié que sa répartition confirme bien les hypothèses précédentes (groupes écologiques distincts). Cette notion nous paraît donc bien démontrée. Nous avons par la suite largement utilisé ce principe dans l'interprétation de la végétation halophile; parfois, nous avons constaté la correspondance entre les milieux hétérogènes et les différents groupes écologiques sans avoir pu rechercher s'il y avait stratification des systèmes racinaires.

Notion de groupe écologique monospécifique : Si nous admettons la théorie de Curtis, nous pouvons concevoir à la limite l'existence de groupes écologiques constitués par une seule espèce ou *groupes écologiques monospécifiques*. Nous pensons avec Whittaker (1954) qu'une seule espèce peut avoir une signification écologique à condition qu'elle présente une amplitude écologique étroite par rapport au gradient d'un facteur donné et qu'elle n'ait pas une trop grande complexité génétique. En se basant sur cette définition, on peut caractériser une série de groupes écologiques monospécifiques liés à un

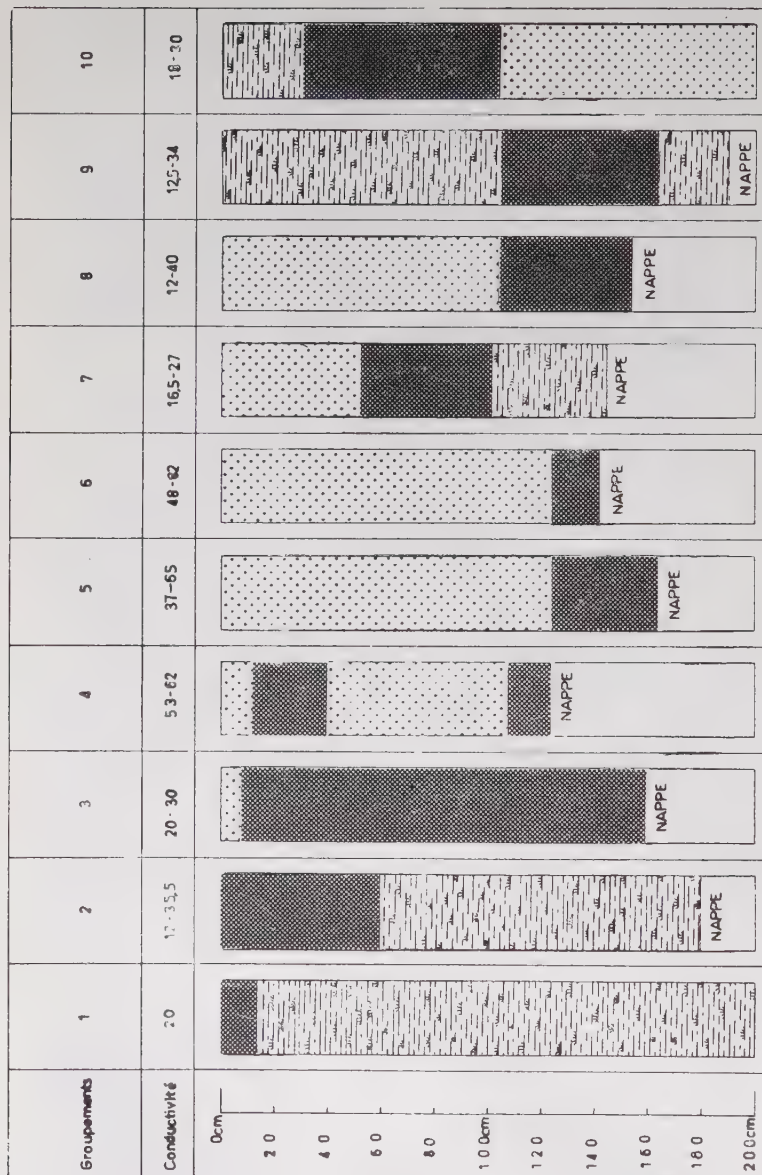


Fig. 2. — Individualisation d'un groupe écologique (ici le groupe écologique à *Juncus subulatus* et *Folyogon maritimum* ssp. eu-maritimum) par comparaison des profils types et des relevés types correspondant à des groupements marécageux; la comparaison des relevés types d'un certain nombre de groupements (ici les relevés des groupements 1, 2, 3, 4) par rapport aux relevés types des groupements 5, 6, 7, 8, 9, 10, fait ressortir l'existence floristique de ce groupe; la comparaison des profils types entre eux permet de montrer que ce groupe floristiquement défini a une valeur écologique propre qui est la présence d'un horizon d'hydromorphie superficielle moyenne pour une conductivité variant entre 12 et 62 millimhos.

Echelle d'intensité d'hydromorphie (basée sur les observations de la figure 3)

Intensité de l'hydromorphie	Caractères morphologiques	Symboles
Hydromorphie faible...	Taches jaunes. Reflets jaune-pâle. Gainex d'oxydation.	
Hydromorphie moyenne	Reflets brun jaune et gris. Taches brun jaune et grises. Taches jaune rouge et grises à pré- dominance des taches jaune rouge.	
Hydromorphie forte..	Taches jaune rouge et grises, les se- condes prédominantes. Horizon gris.	

Groupements étudiés dans la figure 2

1. — Groupement à *Juncus subulatus* et *Crypsis aculeata* constitué par les groupes écologiques à :
 - *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. eu maritimum.
 - *Triglochin bulbosa* ssp. Barrelieri.
 - *Crypsis aculeata* et *Scirpus maritimus*.
2. — Groupement à *Juncus subulatus* et *Salicornia arabica*, constitué par les groupes écologiques à :
 - *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. eu-maritimum.
 - *Crypsis aculeata* et *Scirpus maritimus*.
 - *Salicornia arabica*.
3. — Groupement à *Juncus subulatus* et *Ranunculus aquatilis* ssp. eu-aquatilis, constitué par les groupes écologiques à :
 - *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. eu-maritimum.
 - *Ranunculus aquatilis* ssp. eu-aquatilis.
4. — Groupement à *Juncus subulatus* et *Arthrocnemum indicum*, constitué par les groupes écologiques à :
 - *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. eu-maritimum.
 - *Arthrocnemum indicum*.

5. — Groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* :
 - *Arthrocnemum indicum*.
 - *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.
6. — Groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* :
 - *Halocnemum strobilaceum*.
 - *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.
7. — Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Scorzonera laciniata*, facies à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* :
 - *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Lepturus cylindricus*.
 - *Ormenis praecox* et *Melilotus sulcata*.
 - *Scorzonera laciniata* et *Beta macrocarpa*.
8. — Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* :
 - *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*.
 - *Ormenis praecox* et *Melilotus sulcata*.
 - *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Lepturus cylindricus*.
9. — Groupement à *Salicornia arabica* et *Crypsis aculeata* :
 - *Salicornia arabica*.
 - *Crypsis aculeata* et *Scirpus maritimus*.
10. — Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Crypsis aculeata* :
 - *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Lepturus cylindricus*.
 - *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* et *Melilotus messanensis*.
 - *Crypsis aculeata* et *Scirpus maritimus*.

(Seuls ont été mentionnés dans cette liste les groupes écologiques n'ayant pas une trop grande amplitude par rapport aux deux facteurs pris simultanément).



ou deux facteurs (salure et hydromorphie par exemple). Tel est le cas de *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum indicum*, *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* notamment (voir page 67 et suivantes).

Mise en évidence des groupes écologiques polyspécifiques. Pour mettre en évidence les groupes écologiques halophiles polyspécifiques, nous avons employé la notion, précédemment vue pour les groupes écologiques monospécifiques, d'amplitude écologique par rapport à différents facteurs. Nous distinguerons, suivant les cas, des groupes écologiques caractéristiques d'hydromorphie ou de conductivité; les groupes les moins intéressants sont ceux dont l'amplitude est large aussi bien par rapport à l'hydromorphie que par rapport à la salure ou à la texture. Leur mise en évidence s'effectue en trois étapes :

Une première étape, où, à l'intérieur des unités stationnelles et des subdivisions précédemment définies, *les groupements sont individualisés floristiquement : les tableaux phytosociologiques font alors ressortir des unités, qui, à ce stade, sont purement floristiques.*

Une deuxième étape, de terrain, où chaque groupement est étudié pédologiquement; un certain nombre de profils sont comparés et analysés, et, dans le cas normal, il ressort des caractères pédologiques communs. (De la même manière, nous avons utilisé toutes les études pédologiques effectuées à notre Section pour vérifier la valeur indicatrice des groupements). Nous choisissons alors, parmi les profils d'un groupement, un profil type que nous décrivons dans notre travail; il s'agit donc d'une mise en évidence des caractères stationnels.

Une troisième étape, où nous avons individualisé chaque groupe écologique par comparaison des profils types et des relevés types pour différents groupements (voir figure 2). Pour cela, nous avons étudié dans chaque profil la conductivité et l'hydromorphie des différents horizons; il ressort des caractères communs à tous les relevés types où existe ce groupe écologique. Ainsi, dans la figure 2, nous pouvons constater qu'à la présence du groupe écologique à *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum* correspond l'existence dans le profil d'un horizon à hydromorphie moyenne; par contre, la conductivité pour laquelle se développe ce groupe est très variable (9 à 60 millimhos environ). Dans les profils où ce groupe à *Juncus subulatus* n'existe pas, ce caractère d'hydromorphie moyenne n'apparaît pas non plus (voir à titre de comparaison, le relevé qui correspond au groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*). Nous pouvons ainsi définir pour chaque groupe écologique son degré de subordination à l'égard de l'hydromorphie et de la conductivité : un groupe écologique donné caractérisera surtout l'hydromorphie lorsque l'intervalle de conductivité pour lequel il se développe est

très large, alors que les caractères d'hydromorphie sont précis et constants. Ainsi le groupe écologique à *Juncus subulatus* et *Polygonum maritimum* ssp. *eu-maritimum* se développe pour une gamme de variation de conductivité étendue, il n'est donc pas un bon indicateur de la teneur en sels solubles. Par contre, il caractérise un certain type d'horizon ou de profil hydromorphe (type pseudogley). Il est donc un bon indicateur d'hydromorphie puisqu'il est beaucoup plus strictement lié à ce caractère.

D'autres groupes, par contre, indiquent une certaine amplitude de conductivité et pas du tout l'hydromorphie; tel est le cas du groupe écologique à *Sphenopus divaricatus* et *Spergularia marina*³ qui se développe sur des sols à texture fine sans trace d'hydromorphie pour une conductivité variant entre 18-20 millimhos et 35-40 millimhos. La mise en évidence du groupe écologique caractéristique de sol à alcali (sol à teneur élevée en sodium échangeable sans qu'il y ait corrélativement une teneur appréciable en sels solubles) s'effectue par comparaison de la végétation d'un sol salé à alcali avec celle d'un sol non salé mais à alcali; le seul groupe écologique commun est celui à *Hordeum* ssp. *eu-maritimum*.

Notre travail reste soumis à certaines restrictions que nous nous proposons de lever ultérieurement. On suppose, par exemple, qu'à l'intérieur de groupes écologiques monospécifiques, comme par exemple *Halocnemum strobilaceum*, il n'y a pas d'écotypes ce que nous vérifierons par la suite.

Critères bioclimatiques ayant servi de base à notre travail. Une étude détaillée des unités naturelles nous a montré qu'il existait, (à conditions hydrologiques et pédologiques semblables), des changements de végétation basés sur des variations bioclimatiques. Nous avons, à cet effet, utilisé comme critère bioclimatique, la classification biogéographique d'Emberger (1930, 1942, 1951, 1955, 1959) basée sur le quotient pluviothermique :

$$Q = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

TECHNIQUES D'ETUDE PEDOLOGIQUE

Principes : Les principes sur lesquels nous avons fondé notre étude pédologique sont ceux de l'école française de pédologie de G. Aubert (1954, 1959, 1960 notamment) avec une modification

³ Nous remercions vivement Monsieur Monnier, maître assistant à l'Institut de Botanique de Montpellier pour les déterminations des espèces du genre *Spergularia*.

portant sur la profondeur du profil : la partie intéressante pour l'écologiste est celle occupée par le système racinaire; celui-ci s'étend en général à une profondeur inférieure à 2 mètres, mais par suite de l'extention des racines, nous avons été amenés parfois à étudier des tranches de sol de 2,50 m. Toute étude pédologique nécessite d'abord une description détaillée du profil, et ensuite son interprétation après obtention des analyses.

Description du profil. Pour la description du profil, nous nous sommes référés aux études de G. Aubert (1950) et à ses cours. Pour chaque horizon, seront décrits dans l'ordre : la couleur, les taches (s'il y en a), la texture, la structure, les éléments figurés, l'effervescence à l'acide chlorhydrique, l'abondance et l'extension du système racinaire, l'état d'humidité du sol.

Couleur : la couleur s'obtient sur le terrain, par comparaison d'un échantillon de sol avec les couleurs du code expolaire de Cailleux et Taylor. Lorsque des taches existent, on note leur couleur, leur taille lorsqu'elles sont petites ou grandes (mais non lorsqu'elles sont moyennes), si elles sont nettement individualisées ou s'il y a passage progressif à la couleur du fond. Si on est en milieu hydromorphe

— les taches bien individualisées indiquent un processus d'hydromorphie déjà terminé.

— lorsque les taches sont à passage progressif il s'agit d'un processus en cours; l'hydromorphie est donc actuelle, le sol évolue donc sous son influence.

Texture : la texture est appréciée au toucher. Il s'agit donc ici d'une texture apparente; dans l'interprétation des résultats, nous corrigeons cette texture apparente si nécessaire.

Structure : la structure peut s'apprécier directement par l'examen des fentes de retrait ou indirectement par désagréation du bloc au piochon ou au couteau, lorsque le sol est trop compact. Les caractères de la structure à noter, sont la forme, la largeur, la netteté, la compacité, la porosité.

Forme : les agrégats peuvent se présenter sous la forme grenue, grumeleuse, nuciforme, polyédrique, cubique, prismatique, en plaquettes, litée, squameuse.

Largeur : cette notion ne doit pas être confondue avec celle de la taille des agrégats. Les structures nuciformes et polyédriques sont dites fines pour une largeur des agrégats inférieure à 3 cm. moyennes pour une largeur de l'agrégat de 3-4 cm, larges au delà de 4 cm.

La structure cubique est dite fine pour une largeur des agrégats inférieure à 2 cm, moyenne de 2 à 4 cm, large au delà de 4 cm.

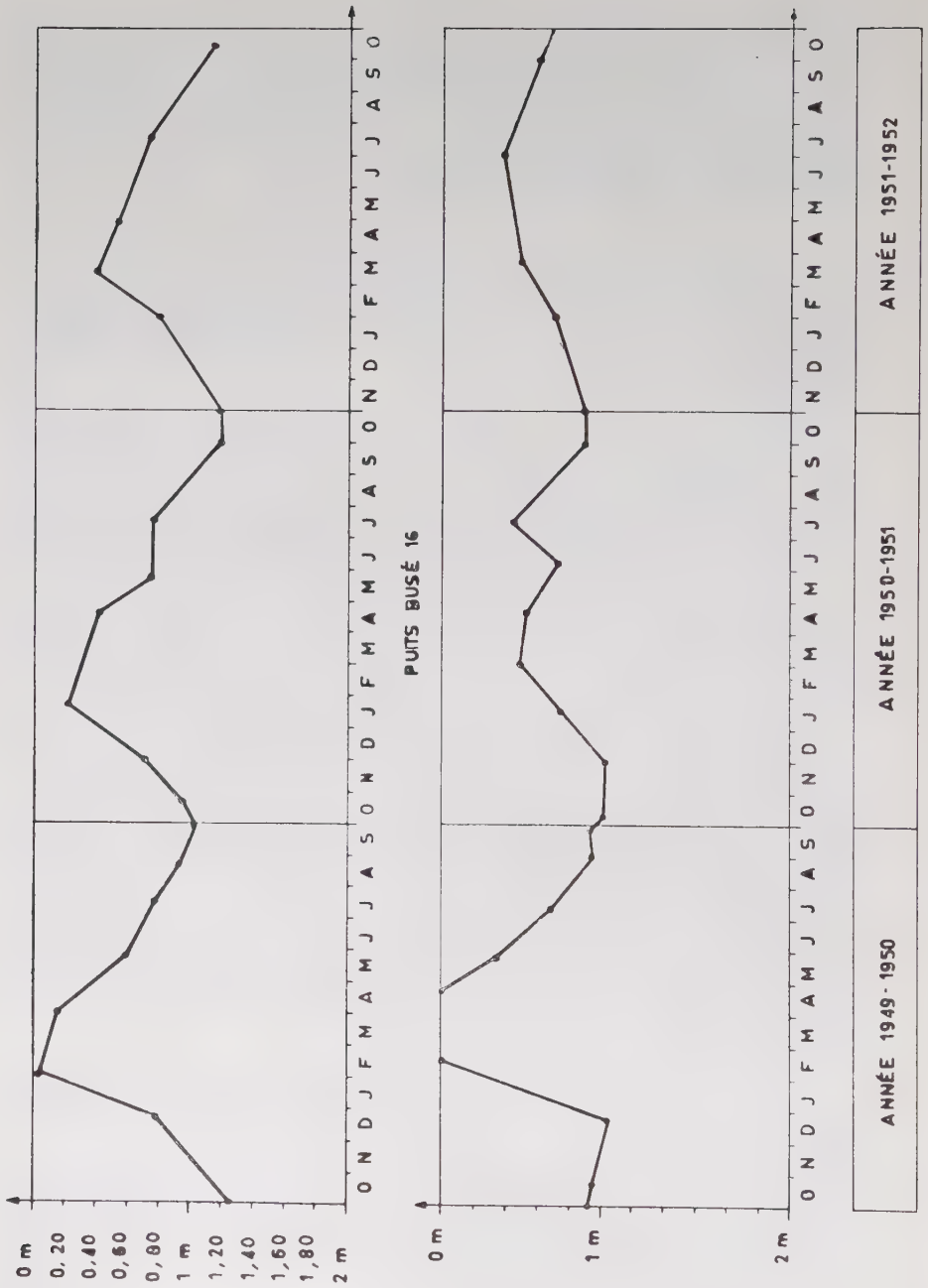


Fig. 3. — Relation entre les variations du plan d'eau et les caractères morphologiques de l'hydromorphie (cas de deux sols à texture fine).

La structure prismatique est dite fine pour une largeur inférieure à 5 cm, moyenne de 5 à 10 cm, large au delà de 10 cm.

La structure en plaquettes est dénommée fine pour une largeur des agrégats inférieure à 5 cm, moyenne de 5 à 10 cm, large au delà de 10 cm.

Netteté : la netteté de la structure est appréciée (diffuse, peu nette, nette).

Compacité : Nous précisons si l'horizon est très compact, compact, friable.

Éléments figurés : On note, pour des composés solubles et friables, et suivant leurs dimensions, la présence des granules ou des nodules; lorsqu'il s'agit de composés insolubles, nous noterons l'existence de concrétions (masse durcie en place) ou de gravillons (masse apportée).

Effervescence à l'acide chlorhydrique : Il convient de rappeler que cette effervescence ne correspond qu'à un dégagement de gaz carbonique : il peut donc s'agir aussi bien de la présence de CO_3Ca que de CO_3Na_2 . Pour pouvoir se décider entre ces deux composés, il est nécessaire de se reporter aux analyses des sels solubles. Outre l'intensité de l'effervescence (forte, moyenne, faible) il convient d'en noter sa durée (longue, modérée, courte). Ceci peut nous aider à déterminer la forme sous laquelle se trouve CO_3Ca ; en effet, lorsque ce composé se présente à l'état diffus, l'effervescence est prolongée; par contre, lorsqu'il se présente sous une forme plus agglomérée, l'effervescence est moins longue.

Appréciation des formes de cristallisation du gypse : Il convient de distinguer différentes formes de cristallisation du gypse; lorsque les cristaux sont visibles à l'œil nu et qu'ils atteignent les dimensions du sable grossier, le gypse est dit *microcristallisé*; lorsque les cristaux ne sont visibles qu'à la loupe, alors qu'à l'œil nu on aperçoit des petites scintillations, le gypse est dit *finement microcristallisé*; enfin le gypse est dit *sableux*, lorsqu'il se présente surtout à l'état amorphe sous forme d'éléments granulométriquement apparentés au sable.

Appréciation de la porosité : Suivant les dimensions des espaces lacunaires, nous séparerons la *macroporosité* de la *microporosité*. La macroporosité, comme la microporosité, peut être forte, moyenne, faible, suivant la densité de ces espaces.

Appréciation de l'hydromorphie : Un sol est dit hydromorphe lorsque son évolution pédogénétique est dominée par l'eau. En Afrique, les sols hydromorphes ont été beaucoup étudiés par G. Aubert et son école (1954). Dans les milieux salés naturels, l'hydromorphie est le plus souvent inséparable de la salure. C'est pourquoi certains auteurs, et notamment Dubois, au Sénégal (1954) ont essayé d'établir un parallèle entre sol salé et sol hydromorphe.

Caractères exprimant l'hydromorphie : En Tunisie, l'hydromorphie superficielle se traduit par une évolution particulière de la matière organique, qui aboutit à la formation d'un horizon de couleur gris-brun clair, gris-clair, noir; l'hydromorphie de profondeur se manifeste par des conditions réductrices, avec ou sans lessivage du fer, et l'horizon a une couleur grise, gris-foncé, gris-bleu, olive, vert, ou des teintes intermédiaires. Cette réduction entraîne, comme on le sait, un changement de valence du fer et du manganèse, d'où sa solubilisation et la possibilité de son entraînement. En milieu salé, lorsque les conditions sont peu réductrices, le fer apparaît sous forme de taches jaune-rouge, brun-rouge, jaune-brun.

En outre, la structure d'un sol hydromorphe diffère souvent de celle des autres sols. Elle s'élargit fréquemment et devient prismatique ou cubique large. Lorsque cet élargissement s'accompagne d'une évolution particulière de la matière organique le sol est dit tirsifié. Lorsque ces caractères sont accusés, le sol est appelé tirs ou vertisol, si on adopte la classification américaine.

Relation entre les caractères morphologiques de l'hydromorphie et les variations du plan d'eau (figure 3). Les deux exemples ci-joints précisent les caractères morphologiques d'un profil hydromorphe et salé à alcali et leurs relations avec la durée de l'engorgement. Les puits busés ont été établis et étudiés par M. Hernot (1952). *Exemple 1* : puits busé 9. Ce puits busé est situé dans la région d'Utique (Basse Vallée de la Medjerdah, Tunisie du Nord). Le groupement qui s'y développe est celui à *Juncus subulatus* et *Crypsis aculeata*. Le profil suivant (U1), lui correspond :

- 0-15 cm : gris-brun clair, (D 61), avec taches brun clair, (D 54), à passage progressif, peu abondantes, taches grises, (D 90), de sulfures dégageant une légère odeur d'hydrogène sulfuré autour des rhizomes; argileux; structure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique, moyenne, modérée; rhizomes, racines et radicules; sec.
- 15-50 cm : olive, (E 82); avec taches brun jaune, (D 63), à passage progressif, assez abondantes taches grises (D 90), dégageant une légère odeur d'hydrogène sulfuré, moins abondantes que précédemment, de même auréoles de sulfures autour des rhizomes; argileux; structure prismatique large continuant la précédente, mais plus diffuse, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes, racines, radicules; sec.
- 50-100 cm : olive, (F 83); massif avec quelques taches grises, (D 90), dégageant une légère odeur d'hydrogène sulfuré; argileux; structure en plaquettes, large, peu nette, compacte; pseudomycélium calcaireo-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicules; sec.

100-115 cm : olive; (E 84), avec taches grises, (D 90), peu abondantes; argileux; structure en plaquettes, large, peu nette, compacte, microporosité faible; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; pas de racines vivantes, mais débris de racines mortes avec autour manchon de sulfures; sec.

115-200 cm : olive (E 84), avec taches grises, (D 90), abondantes, à passage progressif, dégageant une légère odeur d'hydrogène sulfuré à l'acide chlorhydrique; argileux; structure compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; ni racines ni radicelles ;sec.

Pas de plan d'eau.

Lorsqu'on essaie d'établir une corrélation avec la durée de l'engorgement, on constate que de 0 à 50 cm, l'engorgement est de 4 à 7 mois, 1 an sur 2; de 50 à 100 cm, l'engorgement est de 8-10 mois tous les ans; de 100 à 200 cm, l'engorgement est pratiquement permanent.

Nous pensons que les auréoles et les reflets gris existant en surface sont dus à l'action de tassement du sol par le sabot des Bovidés. Ces caractères se retrouvent également à des degrés divers dans des sols où la durée d'engorgement est plus faible. Donc, dans un sol soumis au tassement par les Bovidés, ces reflets ne doivent pas être liés seulement à l'hydromorphie, mais à l'action conjuguée du tassement et à un degré beaucoup plus faible de l'hydromorphie. Comment interpréter ces résultats ? De 0 à 50 cm, il existe des taches brun-rouge et des taches grises : l'engorgement est temporaire. 4 à 7 mois et ceci tous les deux ans; de 50 à 100 cm : la couleur olive est en relation avec l'augmentation de la durée de l'engorgement : au delà de 100 cm. : l'engorgement est presque permanent et il n'y a plus que des taches grises.

Exemple 2 : puits busé 16. Ce puits busé est situé à Garaet el Mabtouha (Basse Vallée de la Medjerdah, Tunisie du Nord) et il correspond à une station où se développe le groupement à *Juncus subulatus* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum* (page 166). Le profil suivant a été observé au voisinage du puits.

0-10 cm : gris-brun clair, (D 61), avec gaines d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; argileux; structure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide forte à moyenne, modérée, radicelles; frais.

10-60 cm : jaune pâle, (C 61), avec reflets brun jaune (D 63); argileux; structure en plaquettes, fine, nette, compacte, recoupée par une structure prismatique, moyenne, nette; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée, radicelles; frais.

60-80 cm : brun jaune, (D 63), avec reflets gris-brun clair, (D 61) et brun jaune clair, (D 74); argileux; structure en plaquettes, fine, nette, compacte, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.

80-110 cm : brun jaune, (D 63), avec assez abondantes taches gris-clair, (C 90), et taches jaune-rouge, à passage progressif, (C 56), (les premières prédominent sur les secondes); argileux; structure en plaquettes, moyenne, moins nette que précédemment; pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais.

110-200 cm : brun jaune, (D 63), avec assez abondantes taches jaune rouge, (C 56), et taches grises, (D 90), à passage progressif, les premières prédominent sur les secondes; argileux; structure compacte; pseudomycélium gypso-calcaire rare; humide.

L'examen de la figure 3 nous permet d'affirmer :

De 0 à 10 cm existe un horizon gris-brun clair dû à l'accumulation de matière organique (4 %); de 10 à 60 cm, l'engorgement est de 4 à 8 mois tous les ans, donc très variable (reflets brun jaune); de 60 à 80 cm il est de 7 à 11 mois tous les ans (reflets gris-brun et brun jaune); de 80 à 110 cm l'engorgement est presque permanent (2 mois seulement pendant 2 ans où cet horizon n'est pas engorgé et ceci sur 5 ans) et cet horizon présente des taches jaune rouge et des taches gris-clair, les premières prédominant sur les secondes. On peut donc dresser schématiquement une échelle locale d'hydromorphie dans les milieux salés (voir figure 2). Enfin, lorsqu'il y a superposition d'horizons d'hydromorphie différente, on parlera d'hydromorphie hétérogène.

Par contre, la fréquence de l'engorgement ne peut être définie par la répartition des taches d'une certaine couleur, mais plutôt par la variation autour d'une certaine couleur, par exemple, olive par rapport au gris. En outre, dans l'établissement de notre sous-classe des sols halomorphes de transition, et plus particulièrement du groupe des sols hydromorphes et salés, nous avons tenu compte des travaux de Desautettes sur les sols hydromorphes.

Choix de la période de prélèvement : Le choix de la période de prélèvement des échantillons de sol pose un problème dont nous avons signalé l'importance dans un travail antérieur (G. Novikoff, 1958). Dans tous les groupes écologiques constitués par des thérophytes halophiles ou par la combinaison d'une espèce vivace halophile et d'un groupe de thérophytes, la salure et le régime hydrique varient en fonction du temps; en règle générale, la salure augmente vers la fin de la période de végétation par ascension capillaire des sels, ou augmentation de la solution du sol par évaporation. Le but de notre travail étant d'étudier la valeur indicatrice de la végétation halophile, nous avons choisi comme période de prélèvement, celle correspondant à la salure maximum donc celle existant à la fin du développement des thérophytes halophiles.

Méthode d'analyse et d'interprétation des profils. Les méthodes d'analyse sont celles qui ont été mises au point par M. Desautettes

et M^{me} Revil (1955). Pour chaque profil, ont été effectuées les analyses suivantes :

- analyse granulométrique,
- mesure de la conductivité de la pâte saturée,
- dosage des différents anions et cations,
- dosage des sulfates totaux qui, dans le cas le plus fréquent correspondent à l'existence du gypse sous forme de sulfate de calcium dihydraté,
- dosage des bicarbonates liés par une équation simple à la teneur en carbonates,
- dosage des différents cations,
- dosage de la matière organique, importante à déterminer dans le cas des sols hydromorphes de prairie,
- dosage du fer libre et du fer total, que l'on doit étudier surtout dans les sols hydromorphes.

Lorsque la somme des anions est sensiblement égale à celle des cations, on admet qu'il n'y a pas d'erreurs d'analyse. D'autre part, une variation assez importante des fractions granulométriques, de même que la variation de la teneur en Co_3 Ca, nous indique s'il s'agit d'un sol brut d'apport. Dans certains cas, la variation de la teneur en matière organique fournit les mêmes renseignements.

Dans l'interprétation des résultats, il convient de faire intervenir la notion d'âge du sol définie par Gèze (1959). Il existe, par exemple dans le Sud Tunisien, d'anciens sols hydromorphes datant du Pontien (grandes taches nettement individualisées), qui subissent actuellement une seconde évolution hydromorphe. L'évolution pédogénétique se réalise donc sous l'influence du même facteur; il s'agit donc d'un sol « monophasé ». Lorsque l'évolution pédogénétique actuelle ne s'effectue pas dans le même sens que l'ancienne, on parle de sol « polyphasé ». En outre, le sol est dit « héritier », lorsqu'il existe deux stades distincts d'évolution pédogénétique.

La connaissance de la teneur en sodium échangeable du complexe adsorbant est fondamentale dans la caractérisation d'un sol à alcali. Ce taux s'obtient normalement par analyse. Dans notre cas, le nombre d'analyses à effectuer, ainsi que les quantités de réactifs à utiliser étaient beaucoup trop élevées, pour que l'on puisse employer les méthodes normales par dosage chimique. Il a donc fallu utiliser une méthode indirecte, par calcul, et qui s'emploie couramment dans ces cas. Dans les sols cultivés, on risque d'avoir des résultats très variables avec cette formule, car l'accumulation du sodium est, dans ce cas, un phénomène dynamique; l'équilibre entre la solution du sol et le complexe ne s'est pas encore établi : Par contre, dans les sols salés il s'est écoulé suffisamment de temps, pour que cet équilibre se soit réalisé. On utilise donc, pour calculer

ce taux, l'équation de Gapon qui fournit un coefficient d'adsorption du sodium, à partir des analyses des cations solubles, Ca, Mg, Na. A partir d'une abaque ou d'une formule simple on peut obtenir le taux de sodium échangeable, exprimé en pour cent de la capacité totale d'échange (U.S.D.A. Handbook N° 60, p. 73, 1954).

Pour interpréter les résultats par rapport au groupe écologique ou au groupement, on procède chaque fois de la manière suivante :

— lorsque le système racinaire s'étend à une profondeur inférieure à 2 mètres, nous décrivons l'ensemble du profil; l'interprétation de la végétation s'effectue en fonction de la tranche occupée par les racines.

— Lorsque les racines s'étendent au delà de 2 mètres, nous procédons à l'interprétation directe en fonction de la profondeur atteinte par le système racinaire.

Caractères des sols salés et des sols à alcalis : La salure dans le sol peut se manifester de deux manières :

— par accumulation des sels solubles dans la solution du sol (formation d'un sol riche en sels solubles ou salé).

— par accumulation de sodium échangeable dans le complexe adsorbant (ou formation de sol à alcali).

La définition d'un sol riche en sels solubles (salé) et d'un sol à alcali résulte de ces deux propriétés.

Accumulation des sels solubles dans la solution du sol : En Tunisie, dans certaines conditions (défaut de drainage) et remontée d'une nappe dans les périmètres irrigués, (Dessus, 1953), il se produit une accumulation des sels solubles dans la solution du sol; ceci crée des conditions de toxicité et de croissance défavorables aux plantes cultivées. Il est donc nécessaire d'apprécier exactement la teneur en sels solubles. On la mesure par la conductivité de l'extrait aqueux de la pâte saturée et elle s'exprime en millimhos/cm à 25°C. On convient de dire qu'un sol est faiblement salé à partir de 4 millimhos jusqu'à 10, salé de 10 à 35, fortement jusqu'à 50, très fortement au delà.

Accumulation de sodium échangeable : Rappelons qu'on appelle complexe adsorbant la fraction de sol douée de propriétés d'échange et d'adsorption des cations. Il existe des relations d'équilibre très précises entre les cations de la solution du sol, et ceux, adsorbés sur le complexe. Toute variation forte de la composition chimique de la solution du sol modifie la composition des cations adsorbés. Dans les régions arides, le complexe est surtout saturé en calcium. Lorsque par suite d'un drainage défectueux, il se produit un excès de sels solubles toxiques à la plante, cette accumulation de sodium provoque une expulsion du calcium du complexe et la fixation correspondante du sodium. A cette accumulation du so-

dium échangeable dans le complexe ou alcalisation (ce qui s'exprime dans nos tableaux d'analyse par le rapport Na/T), correspond des propriétés physiques défavorables. Le seuil à partir duquel apparaissent ces propriétés est très variable; on l'a fixé en moyenne à 15 % de la capacité totale d'échange. Cette valeur n'est pas fixe et la dégradation de structure est progressive, les travaux de Dabin ont montré en effet que dans un sol sablonneux et salé pauvre en bases (8 %) la dégradation de la structure n'apparaît pas.

Appréciation des caractères de salure. On admet qu'un sol dont plusieurs horizons sont fortement salés et les autres beaucoup moins est caractérisé par l'horizon dont la salure est la plus forte.

Classification des sols salés étudiés : Les classifications des sols sont nombreuses et variées, et les critères utilisés ne sont pas comparables; certaines d'entre elles sont surtout agronomiques (chiffre limite de conductivité ou de sodium échangeable à partir duquel les plantes cultivées ne se développent plus); d'autres classifications sont génétiques (lessivage plus ou moins intense des sels solubles, du fer, de l'argile). Au premier type appartient la classification américaine (p. 4, USDA Handbook N° 60), mais elle n'est utilisable que pour un intervalle de conductivité restreint (entre 4 et 10 millimhos), qui ne satisfait pas aux buts de l'étude poursuivie. Une classification similaire, celle de Durand (1958), montre des chiffres de conductivité encore trop bas. Au second type appartient la classification russe (Kovda, 1937) : nous y trouvons tous les grands types de sols salés : solontchaks, solonetz, solods, sol salés présentant des degrés variés de lessivage. Une telle classification présente des divisions beaucoup trop vastes par rapport à la végétation salée et aux sols salés existant en Tunisie; la plupart de ceux-ci se rangeraient dans la catégorie des solontchaks; aussi nous avons utilisé une classification purement provisoire et locale.

D'autre part, dans un travail aussi analytique qu'à été notre étude des relations entre le sol et la végétation halophile de Tunisie, il était nécessaire de faire ressortir de la manière la plus précise possible, les facteurs caractérisant la végétation. *C'est une autre raison pour laquelle nous avons été amenés à utiliser un tel type de classification.*

Tout en me servant de critères identiques à ceux utilisés dans les classifications pédologiques, j'ai proposé l'emploi, au niveau de la sous-classe, d'un concept normalement utilisé au niveau du sous-groupe (donc à un échelon inférieur) pour faire apparaître des catégories intermédiaire de sols salés. A la difficulté ainsi résolue peut correspondre d'autres solutions : ainsi l'hydromorphie et la salure peuvent apparaître à des échelons plus bas que la sous-classe (classifications belges ou américaines notamment). Le critère sur lequel nous avons basé de telles subdivisions est le suivant : le facteur pédogénétique qui détermine l'évolution de ces sols est la salure, mais

son action s'exerce de manière inégale. Aussi dans une première sous-classe, nous groupons les sols typiquement salés et qui sont indépendants du climat. Dans une seconde sous-classe, nous distinguons les sols où la salure n'apparaît que comme facteur secondaire de la pédogénèse, à côté d'autres facteurs dont le rôle est aussi important (hydromorphie, calcimorphie). Nous distinguerons donc

I. Sous-classe des sols halomorphes proprement dits :

A) Groupe des sols fortement salés (ou fortement salés à alcalis)

- sol de Sebkha.
- sol fortement salé à alcali.

B) Groupe des sols salés à alcalis.

- sol à alcali.
- sol salé à alcali lessivé.

II. Sous-classe des sols halomorphes de transition :

A) Groupe des sols hydromorphes et salés.

1. Sous-groupe des sols à hydromorphie topographique

- série à hydromorphie totale :
 - sol de polder.
 - sol à gley.
- série à hydromorphie partielle :
 - sol à taches, à horizon marmorisé.
 - sol à taches, à concrétions ferrugineuses.
 - sol à pseudogley.
 - sol hydromorphe humifère peu salé.
 - sol noir tropical et salé.

2. Sous-groupe des sols à hydromorphie résultant d'un mouvement oblique de nappe :

B) Groupe des sols calcimorphes et gypseux :

sous-groupe des sols calcimorphes à concentrations gypseuses réparties :

- sol à gypse microcristallisé.
- sol à gypse diffus.

C) Groupe des sols de déflation éolienne :

Sous-groupe des sols de déflation éolienne vive.

Sous-groupe des sols de déflation éolienne morte :

- sol moyennement salé à alcali.
- sol fortement salé à alcali.

Des exemples de ces différents sols sont fournis en annexe.

SECONDE PARTIE

VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES

VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES

En Tunisie, le régime fluvial est caractérisé par un débit très variable, et en relation avec le climat de la région étudiée. Alors que dans le Nord l'écoulement est constant, avec toutefois de fortes crues, dans la Tunisie du Centre et du Sud, cet écoulement est irrégulier, intermittent, régime qualifié d'« éphémère », par Baulig (p. 106, 1956); dans ce cas, pendant certaines périodes de l'année, le lit du cours d'eau (oued) est complètement asséché, alors qu'à d'autres — au moment des crues, qui, ici, sont particulièrement violentes — les eaux s'étalent dans un lit majeur atteignant parfois une dizaine de kilomètres. Il se constitue une « plaine inondable » (Baulig, p. 107, 1956). Les eaux stagnent plus ou moins longtemps dans cette plaine, selon les possibilités d'écoulement vers des zones plus basses. Il se produit

— soit un engorgement de surface déterminant une hydromorphie superficielle; lorsque l'engorgement est prolongé, apparaît alors une végétation marécageuse que nous avons nommé de type *garaa*,

— soit un engorgement de profondeur déterminant une hydromorphie de profondeur qui peut être forte; lorsque le taux des sels solubles est élevé, apparaît alors une végétation caractéristique que nous avons nommé de type *sebkha*.

C'est la végétation de ces plaines inondables que nous allons étudier, limitant cependant notre recherche aux zones climatiques correspondant aux étages de végétation semi-aride, une partie de l'étage aride (région de Gafsa et de Gabès) d'Emberger; c'est en effet, dans ces régions que les plaines inondables sont le mieux différenciées, tant par leur salure que par leurs caractères d'hydromorphie, et la végétation y atteint un maximum de diversité. Ces caractères, bien moins marqués dans le Sud, font que cette région présente un intérêt moindre pour notre étude.

D'autre part, nous avons séparé dans notre travail la végétation halophile des plaines inondables recevant les crues d'oueds à débit solide peu élevé (donc à faible teneur de matières en suspension), alluvionnant peu, et la végétation halophile des plaines recevant les crues d'oueds à débit solide élevé, divaguant dans un lit instable, formé d'un réseau de rigoles séparées par des bancs d'alluvions. Nous verrons donc successivement :

I. Végétation halophile des plaines inondables à débit solide peu élevé (alluvionnement actuel faible).

A. Végétation halophile des plaines inondables bien drainées

1. Végétation des zones d'écoulement préférentiel à fréquence maximum des crues :

étage semi-aride supérieur

étage aride supérieur à hiver tempéré.

2 Végétation des plaines inondables bien drainées, à fréquence des crues plus faible, à épandage peu ou pas dirigé.

3. Végétation des plaines inondables, à épandage dirigé des crues.

B. Végétation halophile les plaines inondables mal drainées.

1. Végétation des plaines inondables mal drainées et peu salées, faiblement marécageuses des étages semi-aride supérieur et subhumide.

2. Végétation des plaines inondables de même type mais établissant la transition avec le type garâa (caractère marécageux plus accusé).

3. Végétation des plaines inondables mal drainées et salées établissant la transition avec le type sebkha.

4. Végétation des plaines d'embouchure mal drainées et salées de l'étage aride.

II. Végétation halophile des plaines inondables à débit solide élevé (alluvionnement actuel important).

A. Végétation halophile des plaines inondables bien drainées à alluvionnement actuel important.

B. Végétation halophile des plaines mal drainées, à alluvionnement actuel moins important.

I. VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES

A DEBIT SOLIDE PEU ELEVE

(ALLUVIONNEMENT ACTUEL FAIBLE)

Certaines remarques préliminaires sont à faire sur l'interprétation des profils et sur les relations sol-végétation. En effet, certains auteurs (G. Lemée, 1954) ont montré, à juste titre à notre avis, que, pour la végétation actuelle, ces relations ne sont valables que pour la tranche de sol occupée par les racines : les résultats obtenus par l'interprétation d'un profil (2 m) ne coïncident pas forcément avec une végétation dont le système racinaire occupe une tranche de sol plus ou moins restreinte. Tenant compte de cette observation, et pour mieux déterminer les limites de validité de nos résultats, nous avons à chaque fois comparé l'extension du système racinaire avec la tranche de sol correspondant au profil. Nous avons pu constater que pour ce type de plaine inondable :

1. — Les sols étudiés étant salés à alcalis plus ou moins lessivés, les racines s'arrêtaient à un niveau où le gradient des sels solubles ne variait plus. Nous pouvons donc raisonnablement assimiler les résultats obtenus par l'interprétation de la tranche de sol occupée par les racines aux résultats obtenus en considérant la tranche de sol correspondant au profil tout entier.

2. — Dans le cas où le système racinaire s'étend plus profondément que 2 mètres (groupement n° 3 par exemple) nous avons approfondi le profil jusqu'à la limite d'extension du système racinaire, dans ce cas 2,35 m.

A. VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES BIEN DRAINEES

Dans les plaines inondables de ce type, l'écoulement des eaux de crue vers des points plus bas est possible. Aussi la nappe phréatique se situe-t-elle à des profondeurs supérieures à deux mètres; l'engorgement des profils est temporaire, faible.

1. — VEGETATION DES ZONES D'ÉCOULEMENT PRÉFÉRENTIEL A FREQUENCE MAXIMUM DES CRUES

Étage semi-aride supérieur : 1. Groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Medicago ciliaris*.

Végétation : relevé n° 1.632 du tableau phytosociologique 1 (Mars 1959).

a) Groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Festuca elatior var. *arundinacea*
Mentha pulegium

b) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus
Ammi Visnaga

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos, dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Melilotus sulcata
Ormenis praecox
Trifolium strictum
Ranunculus sardous var. *philonotis*
Romulea bulbocodium ssp. *eu-bulbocodium*

TABEAU 1

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	dosé I — Na calculé	Fer libre	Fer total	
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l					
S 19	54 B	0-20	2,45	8,8	0,05	8,3	0,4	27	13	2,8	12,5	10	5	4,6	28	5,1	0,3	1,05
	43 A	20-70	3,45		0,55	8,7	0,3	38	10	2,3	15	16	8	4,4	15,8	4,9	0,45	1,55
	31 A	70-95	2,7	8,5	1,07	12,1	0,6	50	15	2,5	11,25	11	6	3,9	12	4,1	0,67	3,1
	53 A	95-150	4,2		1,07	12,9	0,3	44	28	2,6	15	18	15	3,1		3,9	0,87	3,1
	SP 600	150-190	1,65		2,26	14,2	0,3	20	6	2,6	5,5	7	4	4		2,1	0,98	4

d) Groupe écologique caractéristique de sol hydromorphe humifère peu salé pour une conductivité allant jusqu'à 25 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Trifolium isthmocarpum var. *Jaminianum*
Gaudinia fragilis ssp. *eu-fragilis*
Trifolium lappaceum
Trifolium resupinatum
Trifolium Cherleri

e) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

f) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Medicago hispida var. *lappacea*
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Picris echinoides

La végétation est homogène et son degré de recouvrement (faciès hivernal) peut atteindre 95 %; il est en moyenne de 60 %.

Conditions édaphiques.

Numéro : Soliman 19 (S 19) Avril 1959.

Caractères géomorphologiques : zone d'écoulement préférentiel dans une plaine inondable.

Localisation géographique : feuille la Goulette de la carte d'Etat-Major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 376,00; 553,80.

Description.

0-20 cm : gris-brun clair, (D 61), à abondantes traces d'oxydation après réduction préalable le long des racelles; limono-argileux; structure cubique fine, nette, compacte, sans microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; abondantes racines et racelles; sec.

20-70 cm : brun (E 72), avec reflets brun-clair, (D 54); limono-argileux; structure prismatique moyenne, recoupant une structure en plaquette moyenne, nette; effervescence à l'acide chlorhydrique plus forte que dans l'horizon précédent; racelles beaucoup moins abondantes que dans l'horizon précédent; sec.

70-95 cm : brun-clair, (D 54), avec reflets plus clairs; argileux structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles, sec.

95-150 cm : brun-pâle, (C 61), avec taches jaunes, (C 76), petites, à passage progressif; limono-sableux; structure diffuse, microporosité forte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicelles; sec.

150-200 cm : brun très pâle, (C 62), avec taches jaunes, (C 76), petites, à passage progressif, aussi abondantes que précédemment; limono-sableux; structure diffuse, compacte, microporosité forte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 1 et 2.

Interprétation : L'étude de la granulométrie des horizons nous montre qu'il s'agit d'un sol brut d'apport alluvial; les profils effectués par ailleurs montrent la constance du caractère suivant : les horizons supérieurs et moyens peuvent être de texture variée, mais les horizons profonds sont toujours limono-sableux.

L'examen des chiffres de conductivité et de sodium échangeable nous montre que le sol est à alcali non salé dans l'horizon supérieur, faiblement salé à alcali lessivé en profondeur.

TABLEAU 2

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
S 19							
	54 B	0-20	12	6	13	51	19
	43 A	20-70	23	9	10,5	45	12,5
	31 A	70-95	40	15	10,5	24	7,5
	53 A	95-150	42	18	30,5	5	1
	S P 600	150-200	46	23	20,5	6	1

Nous pouvons remarquer que les taux de sodium adsorbé décroissent avec la profondeur, ce qui caractérise selon nous les plaines inondables ou la salure est apportée par les eaux superficielles.

L'étude du système racinaire montre que celui-ci s'étend jusqu'à 200 cm. Ainsi, dans les limites d'extension du système racinaire, on peut dire que le groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Medicago ciliaris* se développe sur des sols bruts d'apport, ayant toujours un horizon limono-sableux ou sableux en profondeur, salé hétérogène (alcali non salé en surface, salé en profondeur), à hydromorphie totale, temporaire, à taches.

Étage aride supérieur à hiver tempéré : 2. Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Spergula diandra*.

Ce groupement se développe dans des zones d'écoulement préférentiel sous une gamme pluviométrique allant de 350 à 150 m/m. L'exemple étudié concerne une partie du lit majeur de l'oued Merguellil où la fréquence des crues est maximum.

Végétation : relevé n° 1.050 du tableau phytosociologique 1 (Juin 1959).

a) Groupe écologique caractéristique de texture moyenne à fine et de sol salé tendant à être à alcali, des plaines inondables bien drainées de l'étage aride supérieur :

Suaeda fruticosa var. *brevifolia*
Beta macrocarpa
Polygonum equisetiforme

b) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Medicago hispida var. *lappacea*
Scorzonera laciniata
Phalaris canariensis ssp. *brachystachys*
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Lolium rigidum var. *subteres*
Senebiera coronopus
Sonchus asper
Silene rubella

c) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *cu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

d) Groupe écologique différentiel caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 5 et 30 millimhos dans l'étage aride :

Spergula diandra
Spergularia marina

e) Groupe écologique messicole indifférent à la texture dans l'étage aride :

Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*

Torilis nodosa f. *bracteosa*

Ridolfia segetum

Après une crue moyenne la végétation atteint 80 pour 100 de recouvrement, dont *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* constitue 50 pour 100. En année sèche, le recouvrement ne dépasse pas 50 pour 100.

Conditions édaphiques

Numéro : Kairouan 1 (Ka 1) — date : 10 août 1959.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable, zone maximum des crues.

Localisation géographique : feuille Kairouan de la carte d'état-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 8,6350 gr; 39,6380 gr.

Description.

- 0-15 cm : brun pâle, (C 61); argileux; structure prismatique moyenne, nette, compacte, sans microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 15-35 cm : brun pâle, (C 61); argileux; structure lamellaire, nette, compacte, à microporosité faible; pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 35-65 cm : brun pâle, (C 61); limono-argileux; structure polyédrique, moyenne, nette, compacte, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; quelques radicelles; sec.
- 65-90 cm : jaune pâle, (C 74); argilo-sableux; structure litée, friable, microporosité faible; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines ni radicelles; sec.
- 90-160 cm : gris-brun clair, (D 61); argileux; structure prismatique moyenne, nette, très compacte, sans microporosité; la partie périphérique est rouge pâle, la partie intérieure grise; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines ni radicelles; sec.
- 160-195 cm : jaune pâle, (B 82); limono-sableux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableau 3.

Interprétation : Une réserve est à faire sur les conditions de prélèvement des échantillons dans le profil Ka 1. En effet, les analyses ont été effectuées sur des échantillons régulièrement échelonnés de 25 en 25 cm — qui ne correspondent pas aux horizons des profils étudiés — Toutefois les résultats obtenus nous permettent, dans ce cas, une appréciation suffisante de la conductivité et du taux de sodium échangeable.

L'examen du profil nous montre des horizons de texture très différente : il s'agit donc d'un sol brut d'apport alluvial.

L'étude des analyses nous montre que ce sol est faiblement salé (conductivité supérieure à 4 inférieure à 10) dans le premier horizon, puis salé dans le second, non à alcali (rapport Na/T voisin de 15), légèrement lessivé en sels solubles.

En résumé, le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Spergula diandra* se développe sur des sols salés tendant à être à alcali, bruts d'apports alluvial, à hydromorphie faible en surface, plus forte en profondeur.

2. — VEGETATION DES PLAINES INONDABLES BIEN DRAINEES, A FREQUENCE DES CRUES PLUS FAIBLE, A EPANDAGE PEU OU PAS DIRIGE

Nous nous proposons dans ce cas, d'étudier la végétation halophile des plaines inondables où les crues ont une fréquence beaucoup plus faible que précédemment.

Elle comporte 3 groupements qui se développent dans les plaines inondables de la Tunisie du Centre (étage de végétation aride supérieur à hivers tempérés d'Emberger). Les exemples étudiés concernent la plaine de l'oued Nebâana (région de Kairouan, Tunisie du Centre).

3. Groupement à *Salsola tetrandra* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella*.

Long (p. 223, 1954) a décrit ce groupement de façon assez détaillée; notre but a été donc de chercher à le replacer dans un cadre plus général, l'étude de la végétation halophile de Tunisie.

Végétation : relevé n° 3010 du tableau phytosociologique 1, effectué le 10 Septembre 1960.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil pour une conductivité

variant entre 10 et 70 millimhos dans les étages semi-aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra
Suaeda fruticosa var. *longifolia*
Atriplex Halimus var. *Schweinfurthii*

b) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages sub-humide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus

c) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Mantisalca Duriaei var. *tenella*
Medicago hispida var. *lappacea*
Scorzonera lacinita
Anacyclus clavatus
Phalaris canariensis ssp. *brachystachys*
Picris echinoides
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Lolium rigidum var. *subteres*
Medicago ciliaris
Scolymus maculatus
Ormenis praecox

d) Groupe écologique indifférent à la texture caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

e) Groupe écologique différentiel caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 5 et 30 millimhos dans l'étage aride :

Spergula diandra
Spergula marina

f) Groupe écologique messicole, indifférent à la texture dans l'étage aride :

Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*
Filago germanica ssp. *spathulata* var. *pyramidata*

Conditions édaphiques.

Numéro : El Alem 1 (E A 1); date : 10 septembre 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable.

Localisation géomorphologique : feuille Aïne Djeloula de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 281,50; 519,00.

Description.

- 0-50 cm : brun-jaune foncé, (F 63); argileux; macrostructure en plaquettes moyenne, nette, compacte, sans microporosité; microstructure cubique à polyédrique; quelques traces d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée, racines et radicelles; sec.
- 50-75 cm : brun-jaune foncé, (F 63) avec reflets brun-jaune, (D 72); argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte sans microporosité; pseudomycélium gypso-calcaire, traces d'oxydation après réduction préalable le long de quelques radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 75-115 cm : brun jaune foncé, (F 63), avec taches brun jaune, (F 64), à passage progressif et quelques taches grises, (E 90), à passage progressif autour de quelques radicelles; limono-argileux; structure diffuse; petites concrétions ferrugineuses (dont certaines en formation car passage très progressif en induration), pseudomycélium gypso-calcaire abondant; débris de coquilles de Gas téropodes; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.
- 115-175 cm : brun jaune foncé, (F 63), à taches brun jaune, (D 72), et taches grises, (E 90), les premières étant plus abondantes que les secondes; taches ferrugineuses jaune rouge, (C 46), à passage progressif (donc en formation); limono-argileux; structure polyédrique moyenne, nette, friable, à microporosité moyenne; pseudomycélium gypso-calcaire abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.
- 175-190 cm : brun jaune foncé, (F 63), à taches brun jaune, (D 72), et grises, (E 90), aussi abondantes les unes que les autres; existence de taches jaune-rouges, (C 46), à passage progressif; limono-argileux; structure diffuse, microporosité faible; pas de pseudomycélium; parfois existence autour des radicelles d'un manchon gris-clair de sulfures; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; racines et radicelles; frais.
- 190-235 cm : sablo-argileux; jaune, (C 86), à taches brun jaune, (D 72), et taches grises, (E 90), dans les mêmes proportions que précédemment mais un peu plus grandes; structure diffuse, une certaine microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.

Pas de plan d'eau à 235 cm.

Analyses : voir tableaux 4 et 5.

Interprétation : L'examen du tableau 4 nous montre que le sol possède une conductivité plus faible en surface qu'en profondeur,

on note un certain lessivage des sulfates et à un plus faible degré des carbonates. En outre, le rapport Na/T calculé est toujours supérieur à 12 et croît avec la profondeur. Il s'ensuit donc que le sol est salé à alcali lessivé.

L'examen du profil nous révèle l'existence d'un sol hydromorphe à hydromorphie totale, hétérogène, à concrétions ferrugineuses et à marmorisation des horizons moyens, ainsi qu'une évolution vers un pseudogley des horizons profonds.

L'étude d'autres profils correspondant à ce groupement nous montre un seul caractère commun : la présence de pseudomycélium sur la plus grande partie du profil.

En résumé, le groupement à *Salsola tetrandra* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella* se développe sur des sols bruts d'apports alluviaux, salés à alcalis lessivés, à pseudomycélium gypso-calcaire sur la plus grande partie du profil.

4. Groupement à *Salsola tetrandra* et *Spergula diandra*.

Végétation : relevé n° 1053 du tableau phytosociologique 1, effectué le 15 Mai 1960.

a) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour une conductivité allant jusqu'à 80 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Salsola tetrandra

b) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Mantisalca Duriaei var. *tenella*

Medicago hispidu var. *lappacea*

Scorzonera laciniata

Anacyclus clavatus

Phalaris canariensis ssp. *brachystachys*

Picris echioides

Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*

Lolium rigidum var. *subteres*

Sonchus asper

c) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*

Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

Pholurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

Sphenopus divaricatus

Filago mareotica

TABLEAU 4

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ³ Ca Total	SO ⁴	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	calculé 1	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ³ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
E A1	2.008	0-50	9,6	8	1,24	26,7	0,3	61	92	1,4	60	40	10	12	14	0,95	5
	2.009	50-75	17,5			25,7	0,4	62	164	1,2	110	58	38	15,7	16	0,90	4,9
	2.456	75-115	21,5	8	0,67	27	0,8	58	204	1,2	147,5	64	56	19,1	21,8	0,90	4,5
	2.477	115-175	26			30,97	1	54	268	1,2	200	62	76	24,1	25,8	0,80	4,1
	2.492	175-190	32	8	0,51	32,3	0,8	52	310	1	300	84	70	26,1	27	0,80	4
K a 20		190-235	39			32,7	0,3	40	450	1	227,5	76	102	31,9	31,2	0,80	3,4
	889	0-80	25,5	8	0,82	33,5	0,5	56	255	7	205	50,5					
	890	80-190	42		0,36	33	1,2	48	485	9	380	54	147,5	38	35,4		

d) Groupe écologique messicole, indifférent à la texture dans l'étage aride :

Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*

Filago germanica ssp. *spathulata* var. *pyramidata*

Diplotaxis erucoides

e) Groupe écologique différentiel caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 5 et 30 millimhos dans l'étage aride :

Spergula diandra

Spergularia marina

Conditions édaphiques

Numéro : Kairouan 20 — date : 6 mai 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable.

Localisation géographique : feuille Aïn Djeloula de la carte d'état-major au 1/50000^e.

Coordonnées Lambert : 278,50; 520,00.

Description.

0-80 cm : brun clair, (D 54); argileux; structure en plaquettes large, nette en surface et tendant à devenir plus diffuse à la partie inférieure de cet horizon, compacte, sans microporosité; pseudomycélium calcaro-gypseux devenant progressivement plus abondant vers le bas; quelques taches gypseuses à la partie supérieure; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, assez prolongée; racines et radicelles; sec.

80-180 cm : brun-clair, (D 54), à taches brun foncé, (F 54), peu abondantes à passage progressif, augmentant progressivement vers le bas de cet horizon; limono-argileux; structure diffuse, compacte, sans microporosité, à pseudo-mycélium gypso-calcaire, diminuant progressivement vers le bas; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines; ni radicelles; sec

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 4 et 5.

Interprétation : L'étude des analyses du profil Ka 20 nous montre que la conductivité varie de 25.5 à 42 millimhos : il s'agit donc d'un sol fortement salé. Les analyses granulométriques nous indiquent une certaine proportion d'argile et le rapport Na/T est supérieur à 15; le sol est à alcali

L'examen du profil nous montre une hydromorphie caractérisée par l'existence d'un horizon de pseudomycélium gypso-calcaire.

L'hydromorphie est donc dans ce cas totale, hétérogène, à horizon de pseudomycélium dense dans la partie moyenne du profil).

TABLEAU 5

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables grossiers	Sables fins
E A1	2008	0-50	64	27	4	5	1
	2009	50-75	65	24	7,5	3,5	1,5
	2456	75-115	56	22	14	8,5	2,5
	2477	115-175	38	23	10	17,5	2,5
	2479	175-190	35	23	21	17,5	2,5
	2492	190-235	25	16	16,5	36,5	6
Ka 20	889	0-80	48	39	7,5	2	0,5
	890	80-180	37	33	17,5	8	0,5

En résumé, le groupement à *Salsola tetrandra* et *Spergula diandra* se développe sur des sols fortement salés à alcalis à horizon de pseudomycélium peu épais, situé généralement dans la partie superficielle ou moyenne du profil.

5. Groupement à *Beta macrocarpa* et *Medicago hispida* var. *lappacea*

Ce groupement se localise à certains points de la plaine inondable de l'oued Boghal (région de Kairouan, Tunisie du Centre).

Végétation : relevé n° 1.051 du tableau phytosociologique 1 effectué le 5 mai 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de texture moyenne à fine, et de sol salé tentant à être à alcali des plaines inondables bien drainées de l'étage aride supérieur :

Beta macrocarpa
Polygonum equisetiforme

b) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Medicago hispida var. *lappacea*
Phalaris canariensis ssp. *brachystachys*
Picris echioides
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Lolium rigidum var. *subteres*
Senebiera coronopus
Scolymus maculatus
Ormenis praecox

c) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*
Pholiusurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

d) Groupe écologique indifférent à la texture et caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et aride supérieur :

Melilotus sulcata
Trifolium resupinatum

e) Groupe écologique messicole indifférent à la texture dans l'étage aride :

Anagallis arvensis ssp. *caerulea*
Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*
Torilis nodosa f. *bracteosa*
Malva silvestris ssp. *eu-silvestris*
Hedypnois cretica ssp. *polymorpha*
Moricandia arvensis ssp. *suffruticosa*

f) Groupe écologique nitrophile indifférent à la texture pour une conductivité allant jusqu'à 40 millimhos dans l'étage aride :

Hordeum murinum
Malva parviflora var. *microcarpa*
Marrubium Alysson

Dans ce relevé, existe aussi *Rumex strictus*, espèce appartenant à un groupe écologique plus hydromorphe que celui à *Melilotus sulcata*.

Le degré de recouvrement ne dépasse pas 80 % et la végétation, très homogène est souvent constituée par un facies à *Medicago hispida* var. *lappacea* et *Lolium rigidum* var. *subteres*.

TABIEAU 6

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
Ka 6	541	0-7	4,2	8,2	1,34	35,1	0,5	52	23	1,8	20	14	14	5,4	6,2
	542	7-25	3,5			37,8	0,6	44	22	1,8	15	12	11,5	4,4	5
	543	25-50	4,4	8	0,93	36,4	0,5	54	28	1,7	20	13	14	5,6	6,5
	544	50-80	5,1			36,4	0,5	52	30	1,8	65	12	16,5	7,4	8,5
	545	80-110	9,5			36	0,7	60	65	1,7	27,5	14	32	13,8	15,8
	546	110-200	19			35,5	1,2	52	147	1,7	132,5	34	37	20	22

Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan 6 (Ka 6) — date : 11 mai 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable, zone de fréquence des crues moyenne.

Localisation géographique : feuille Sidi el Hani de la carte d'état-major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 274,00; 523,50.

Description.

- 0-7 cm : gris-brun clair, (D 61); limono-argileux; structure litée, friable, sans microporosité, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.
- 7-25 cm : gris-brun clair, (D 61); limono-argileux; macrostructure prismatique large, microstructure polyédrique fine, nette, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et racelles; sec.
- 25-50 cm : brun-jaune, (D 72), à quelques petites taches jaune-rouge à passage progressif; limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, nette, compacte; microstructure polyédrique petite, nette; petites poches d'éléments limoneux brun olive clair, (E 74); pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; quelques débris végétaux peu décomposés; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; abondantes racelles; sec.
- 50-80 cm : brun-jaune, (D 72), sans taches jaune-rouge; limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, devenant plus diffuse vers le bas; petites poches d'éléments limoneux brun olive clair (E 74); pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.
- 80-110 cm : brun jaune, (D 63); limono-argileux; structure en plaquettes, nette, compacte; pseudomycélium gypso-calcaire assez abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni racelles; sec.
- 110-200 cm : brun jaune, (D 63); argileux, structure en plaquettes diffuse, compacte; pseudomycélium gypso-calcaire assez abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni racelles; frais.

Analyses : voir tableaux 6 et 7.

Interprétation : L'examen des analyses et du profil Ka 6 nous montre que la conductivité varie entre 4 et 19 millimhos, et le rapport Na/T est inférieur à 16 (sauf pour le dernier horizon). L'examen des analyses granulométriques nous montre qu'il s'agit d'un sol brut d'apport alluvial. Le sol est salé à profil hétérogène, c'est-à-dire faiblement salé en surface et salé en profondeur, non à alcali.

En résumé, le groupement à *Beta macrocarpa* et *Medicago hispida* var. *lappacea* se développe sur des sols à texture moyenne qui, dans la zone radiculaire sont faiblement salés, et sont définis par une hydromorphie superficielle à taches, peu accentuée.

TABLEAU 7

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ka 6	541	0-7	37	40	16,5	6	0
	542	7-25	25	36	30,5	12	0
	543	25-50	42	42	13	4,5	0
	544	50-80	42	42	8,5	2	0
	545	80-100	40	40	12,	3	0
	546	110-200	36	36	12,5	5,5	0,5

Comparaison des caractères écologiques des trois groupements.

a) *Relations entre la salure, l'hydromorphie et la végétation.* — Lorsqu'on compare entre eux ces trois groupements, on constate que l'on peut les classer dans l'ordre suivant de salure croissante :

Groupement à
Beta macrocarpa

Groupement à *Salsola*
tetrandra, *Suaeda fruticosa*
var *longifolia* et *Mantisalca*
Duriaei var. *tenella*

Groupement à
Salsola tetrandra
et *Spergula*
diandra

1

<

2

<

3

Les différences entre les groupements 2 et 3 (et surtout entre le groupe écologique à *Salsola tetrandra* et *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et le groupe monospécifique à *Salsola tetrandra*) résident surtout dans l'épaisseur de l'horizon à pseudomycélium; il affecte la plus grande totalité du profil dans le groupe à *Salsola tetrandra* et *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*, alors qu'il est beaucoup moins épais dans le cas du groupe monospécifique à *Salsola tetrandra*.

Si on classe ces groupements par ordre d'hydromorphie croissante, on obtient : $3 < 1 < 2$

b) *Relation entre le régime des crues et la végétation.* — Les exemples de relations sol-végétation que nous venons d'étudier, concernent tous, nous l'avons déjà mentionné, la plaine inondable de l'oued Nebâna. Les groupements étudiés s'y répartissent suivant des zones disposées parallèlement à l'écoulement des eaux de crue. Ces crues, qui, selon Tixeront (1961), se situent en septembre-octobre et janvier-avril, sont très irrégulières quant à leur débit. Il en résulte, dans la plaine étudiée et suivant l'importance de la crue, un étalement des eaux plus ou moins important et trois directions principales d'écoulement.

Si la crue est faible, les eaux s'étalent dans la zone située entre El Alem et Sbikha : zone d'épandage que nous appellerons zone a. Lorsque la crue est plus forte, elle se déplace vers l'amont; l'oued El Alem atteint alors une nouvelle zone, la zone b, située entre El Alem et Draat Ammar. Lorsque la crue est encore plus forte, l'oued atteint une zone située encore plus en amont, que nous dénommons zone c.

Les crues les plus fréquentes et les plus faibles s'écoulent en a et b, la zone c étant la zone d'étalement maximum, correspondant aux crues les plus fortes et ici les moins fréquentes.

Mettons en relation ces données avec les résultats de l'étude sol-végétation de cette plaine : La zone a, inondée le plus fréquemment, est cultivée dans sa totalité. La zone b, recevant les crues de fréquence et d'amplitude moyenne, est occupée par le groupement à *Salsola tetrandra* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella*,

La zone c, recevant les crues d'amplitude maximum, mais de fréquence la plus faible, est occupée par le groupement à *Salsola tetrandra* et *Spergula diandra*. Cette zone se prolonge par une zone occupée par le groupement à *Beta macrocarpa* et *Medicago hispida* var. *lappacea*.

c) *Interprétation écologique de l'ensemble des résultats* : Dans la limite des résultats obtenus, nous pouvons dire qu'il existe une relation très nette entre la fréquence, l'intensité des crues et la zonation de la végétation; il existe aussi une relation entre l'intensité de la salure, l'hydromorphie et la répartition de la végétation.

Conclusions 1. — Les résultats précédents se recoupent ainsi : le groupement à *Salsola tetrandra*, *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella* est le plus hydromorphe — hydromorphie à concrétions ferrugineuses de surface, horizon marmorisé en profondeur et horizon en pseudomycélium sur la plus grande partie du profil — des trois groupements présents dans la zone étu-

diée; il caractérise une zone de fréquence et d'intensité moyennes des crues.

Le groupement à *Salsola tetrandra* et *Spergula diandra* est le moins hydromorphe — hydromorphie à pseudomycélium gypse-calcaire dans la partie moyenne du profil, et à taches en profondeur — mais le plus salé des trois groupements, il caractérise une zone de crues d'amplitude maximum mais de fréquence faible.

Le groupement à *Beta macrocarpa* et *Medicago hispida* var. *lap-pacea* est moins hydromorphe que le groupement précédent (hydromorphie à taches peu abondantes et localisée dans les horizons superficiels); il est aussi le moins salé des trois groupements; il caractérise une zone de crues de fréquence plus faible.

En conclusion, nous pouvons dire que dans le cas de la végétation halophile des plaines inondables bien drainées à épandage des crues peu ou pas dirigé, il semble exister, dans le cas des plaines de la Tunisie du Centre une relation entre la fréquence des crues, l'intensité de l'hydromorphie, la conductivité d'une part et la zonation de la végétation halophile d'autre part. La complexité du sujet fait de cette constatation une base de nouvelles recherches plutôt qu'une conclusion définitive; les renseignements ultérieurs nous permettront de préciser cette question.

2. — Le passage d'un étage bioclimatique à un autre (de l'étage aride supérieur à hiver tempéré à l'étage semi-aride supérieur) dans des conditions écologiques identiques (zones d'écoulement préférentiel des crues) se marque par un changement de la végétation (le groupe écologique à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* est remplacé par le groupe écologique à *Festuca elatior* var. *arundinacea*).

3. VEGETATION DES PLAINES INONDABLES

A EPANDAGE DIRIGE DES CRUES

Par épandage des crues dirigé, on entend tout travail hydraulique permettant de discipliner des crues violentes et localisées, en les transformant en un ruissellement en nappe; celui-ci permet un certain type de cultures. Tel est le cas de l'Oued Merguellil, dont Despois (p. 244, 1955) dit qu'il est impossible de reconnaître le lit près de Kairouan par suite de ces transformations. En effet, les habitants de la ville, ont constitué un « syndicat d'inondaion » répartissant les eaux de crue à l'intérieur de leurs parcelles. A cet effet, l'oued Merguellil a été divisé à l'aide d'ouvrages de petite hydraulique, en une série de petits filets artificiels. L'unité d'un tel système est le *m'goud* (au sens large). Il consis-

te (fig 4) en un fossé d'amenée de l'eau (A) qui transporte l'eau d'un canal principal dans une partie plus basse (C), et en des petits talus en terre (t) servant à la dérivation de l'eau apportée par le canal; ils sont disposés obliquement par rapport au sens de l'écoulement. Ils ne sont pas destinés à retenir l'eau, mais plutôt à la dévier en régularisant sa répartition sur la partie la plus basse. Ainsi, en cas de crue (faible à moyenne), seule la zone C¹ est inondée.

En cas de fortes crues, les zones B¹, B², C² sont également inondées. L'étude phytosociologique a montré, de même que l'étude pédologique, qu'il s'agit d'une végétation constituée par 3 éléments, que nous allons nommer respectivement, A, B, C, comme sur la figure 4 (pour la terminologie, voir Gounot, 1956).

Nous allons étudier successivement :

— Élément C : Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Capnophyllum peregrinum*.

— Élément A : Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*.

— Élément B : Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella*.

L'exemple étudié se situe dans la partie méridionale de la plaine de Kairouan (étage aride supérieur).

Etude de l'élément C. — Il s'agit de la zone recevant l'appoint d'eau (voir fig. 4).

Végétation.

a) Groupe écologique caractéristique de texture moyenne à fine et de sol salé tendant à être à alcali, des plaines inondables bien drainées de l'étage aride supérieur :

Suaeda fruticosa var. *brevifolia*
Beta macrocarpa
Atriplex glaucus

b) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Capnophyllum peregrinum
Ormenis praecox
Silybum eburneum
Echallium elaterium
Linaria lanigera
Ranunculus sardous var. *philonotis*
Daucus aureus

c) Groupe écologique messicole indifférent à la texture dans l'étage aride :

Ridolfia segetum
Senecio gallicus ssp. *coronopifolius*
Diplotaxis erucoides

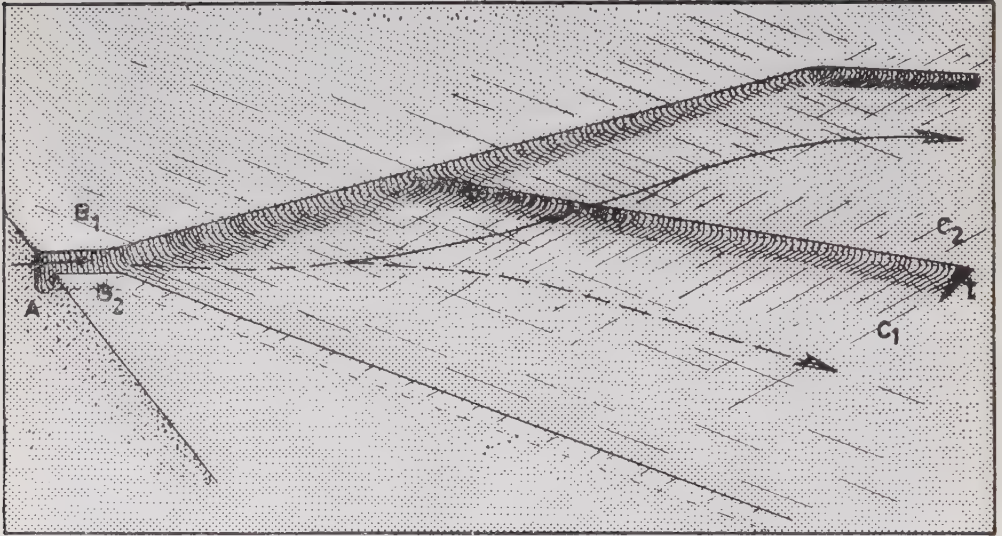


Fig. 4. — Schéma d'un m'goud (plaine inondable de l'oued Merguellil à épandage des crues dirigé).

A : Fossé d'amenée de l'eau.

B_1 et B_2 : Zones surplombant le fossé d'amenée, inondées seulement en cas de fortes crues.

C_1 et C_2 : Zones d'épandage.

t : talus.

Sens d'arrivée de l'eau et répartition des épandages.

Répartition d'un épandage faible.

Répartition d'un épandage plus important.

La végétation est assez homogène et son degré de recouvrement atteint en moyenne 70 pour 100.

Conditions édaphiques

Numéro : Kairouan 12 (Ka 12) — date : 15 mai 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable, m'goud.

Localisation géographique : feuille de Kairouan de la carte d'éta-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 8,5840 gr.; 39,6530 gr.

Description.

0-10cm : brun clair, (D 54); argileux; motteux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

10-60 cm : brun clair, (D 54); argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte; apparition progressive dans cet horizon d'un pseudomycélium calcaro-gypseux, devenant abondant vers le bas de cet horizon; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; racines et radicelles; frais.

60-100 cm : brun clair, (D 54); argileux; structure en plaquettes, large; rares débris de coquilles de Gastéropodes; pseudomycélium calcaro-gypseux, peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

100-180 cm : jaune pâle, (C 84); sablo-limoneux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; ni racines, ni radicelles; sec

Analyses : voir tableaux 8 et 9.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre l'existence d'une sol brut d'apport alluvial (texture hétérogène). Les analyses de conductivité nous montrent un horizon non à alcali non salé en surface et des horizons salés à alcalis en profondeur.

Il existe un lessivage des sulfates, mais non du CO^3 Ca. Il s'agit donc d'un sol salé à alcali lessivé.

L'examen du profil nous indique l'existence d'un horizon à pseudomycélium peu abondant. Il y a donc là une hydromorphie, partielle, hétérogène (affectant surtout les horizons superficiels et moins les horizons moyens), temporaire, faible.

En résumé, le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Capnophyllum peregrinum* se développe sur des sols salés hétérogènes (non à alcali non salé sur salé à alcali, lessivé) à hydromorphie hétérogène, partielle (surtout superficielle), temporaire, faible.

TABEAU 8

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé				S A R	calculé J	Na	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₂ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
Ka 12	469	0-10	3,5	8,5	1,03	33,9	0,4	48	27	1,6	17,5	12,5	5	6	5,9	1,36	3,92
	470	10-60	10			33,9	0,8	52	66	1,4	67,5	32	22	13,2	15,5	1,23	3,81
	471	60-100	15	8,2	0,25	34,8	1,3	52	114	1,6	120	36	32,5	20,7	22,5	1,06	3,70
	472	100-180	16,5			30	0,8	30	126	1,3	125	44	31,5	20,5	22,4		
Ka 11	466	0-75	10	8,3	0,36	34,8	0,8	52	70	1,2	57,5	30	31	10,5	12	1,23	3,86
	468	75-190	24,5	8,3	0,51	17,4	0,5	24	224	1,2	210	40	67	23,8	29		
Ka 10	461	0-10	5,2	8,4	1,3	34,8	0,4	52	39	1,6	30	13,5	13,5	8,4	10	1,22	3,19
	462	10-60	16			34,8	0,8	48	118	1,6	110	12	68,5	17,3	19,5	1,75	3,58
	463	60-80	17			34,8	1,6	32	130	1,8	125	8,5	68	20,3	22,6	1,22	3,86
	464	80-120	18	8,4	0,51	33	1,7	56	148	1,5	135	11,5	72,5	20,7	23		
	465	120-200	16			18,7	0,5	28	118	1,4	100	12	70	15,8	17,7		

TABLEAU 9

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	fins Sables	Sables grossiers
Ka 12	469	0-10	42	37	9	7,5	1
	470	10-60	50	33	7	6	0,5
	471	60-100	53	53	8	6,5	1
	472	100-180	15	27	17,5	58	2
Ka 11	466	0-75	54	26	8	7	1
	468	75-190	7	3	7	69,5	12
Ka 10	461	0-10	35	28	14	21,5	1
	462	10-60	48	28	8,5	11,5	1
	463	60-80	45	33	9,5	7	1,5
	464	80-120	46	29	8	10,5	2,5
	465	120-200	7	7	7,5	54	2,2

Etude de l'élément A. — Il s'agit de la zone de végétation correspondant au passage de l'oued Merguellil (voir figure 4).

Végétation.

a) Groupe écologique caractéristique de texture moyenne à fine et de sol salé tendant à être à alcali, des plaines inondables bien drainées de l'étage aride supérieur :

Suaeda fruticosa var. *brevifolia*
Beta macrocarpa
Atriplex glaucus

b) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Scolymus maculatus
Capnophyllum peregrinum
Ormenis praecox
Ecballium elaterium
Linaria lanigera

c) Groupe écologique messicole indifférent à la texture dans l'étage aride :

Anagallis arvensis ssp. *coerulea*
Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*
Adonis dentata var. *microcarpa*
Ridolfia segetum

d) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'horizon à conductivité variant entre 20 et 45 millimhos :

Suaeda fruticosa var. *longifolia*

Dans ce groupement existe aussi *Adonis dentata* var. *microcarpa*

Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan 11 (Ka 11) — date : 15 mai 1960.

Caractères géomorphologiques : passage artificiel de l'eau dans le m'goud.

Localisation géographique : feuille Kairouan de la carte d'état-major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 39,6560 gr; 8,5660 gr

Description.

0-75 cm : brun clair, (D 54), à reflets brun foncé, (H 63), quelques taches grises, (D 90); argileux; structure en plaquettes moyenne, devenant de moins en moins nette vers le bas, compact; pseudomycélium calcaro-gypseux devenant progressivement plus abondant vers le bas; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, longue; racines et radicelles; sec.

75-190 cm : jaune pâle, (C 84); sableux; structure diffuse; coquilles de gastéropodes peu abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; frais.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 8 et 9.

Interprétation : L'examen des analyses du profil Ka 11 nous montre que le sol est brut d'apport alluvial (formé de couches de texture très hétérogène). Les chiffres de conductivité nous montrent que le sol est salé avec un lessivage des sels solubles. Les chiffres du rapport Na/T calculé sont voisins de 12 pour le premier horizon et augmentent avec la profondeur.

L'étude du profil nous montre dans l'horizon superficiel l'existence d'un pseudomycélium calcaro-gypseux; ceci caractérise un sol à hydromorphie faible, partielle, superficielle.

En résumé, le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* se développe sur des sols bruts d'apport, faiblement salés à alcalis lessivés à hydromorphie partielle, superficielle, temporaire.

Etude de l'élément B. — A cet élément correspondent des zones surplombant le passage artificiel des eaux de crue (marqué B¹ et B² sur la figure 4).

Végétation.

a) Groupe écologique caractéristique de texture moyenne à fine, et de sol salé tendant à être à alcali, des plaines inondables bien drainées de l'étage aride supérieur :

Suaeda fruticosa var. *brevifolia*
Beta macrocarpa
Atriplex glaucus

b) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Mantisalca Duriaei var. *tenella*
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Silybum eburneum
Echallium elaterium
Linaria lanigera

c) Groupe écologique messicole, indifférent à la texture dans l'étage aride :

Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*
Ridolfia segetum
Diplotaxis erucoides

Dans ce groupement existe aussi *Adonis dentata* var. *microcarpa*.
Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan 10 (Ka 10) — date : 15 mai 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable; m'goud.

Localisation géographique : feuille Kairouan de la carte d'état-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 39,6650 gr; 8,5820 gr.

Description.

0-10 cm : brun clair, (D 54); limono-argileux; motteux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.

10-60 cm : brun clair, (D 54); argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, prolongée; racines et racelles; sec.

60-80 cm : brun clair, (D 54); argileux; structure en plaquettes moyenne, peu nette; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni racelles; sec.

80-120 cm : brun-clair, (D 54); argileux; structure en plaquettes moyenne, peu nette, compacte; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

120-200 cm : jaune pâle, (C 74); sablo-limoneux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne mais courte; sec

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 8 et 9.

Interprétation : Nous constatons que le sol est faiblement salé, tendant à être à alcali en surface, salé à alcali lessivé en profondeur (conductivité supérieure à 4 dans tout le profil, mais rapport Na/T supérieur à 15 seulement dans les horizons moyens et profonds). On constate en même temps un lessivage des sulfates.

Le sol présente des couches de texture hétérogène; il s'agit donc d'un sol brut d'apport alluvial.

Le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella* se développe sur des sols salés hétérogènes, c'est-à-dire à alcali faiblement salés en surface et salés à alcali en profondeur, à hydromorphie totale, faible (pseudomycélium).

Conclusions. — L'étude de ce milieu hétérogène que constitue le *m'goud* nous montre que celui-ci est formé de zones d'hydromorphie et de salure différentes. Nous pouvons distinguer :

a) La végétation correspondant à la zone d'épandage. Il s'agit d'un groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Capnophyllum peregrinum*. Le sol est brut d'apport à hydromorphie des horizons superficiels (pseudomycélium calcaro-gypseux), non salé et à alcali en surface, salé à alcali lessivé en profondeur;

b) La végétation correspondant au passage de l'oued Merguelil, c'est-à-dire l'élément A, est un groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*. Il se développe sur un sol brut d'apport, à hydromorphie superficielle, à pseudomycélium moins abondant et plus localisé, faiblement salé à alcali lessivé (mais plus salé que précédemment);

c) La végétation correspondant aux talus (B) surmontant l'oued artificiel correspond au groupement à *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella*. Il s'agit d'un sol brut d'apport, à hydromorphie partielle, superficielle, (plus faible que dans les profils Ka 12 et Ka 11), temporaire; le sol est salé à alcali lessivé mais moins que pour le sol précédent.

B. VEGETATION HALOPHILE

DES PLAINES INONDABLES MAL DRAINEES

Ces plaines inondables et mal drainées ne sont pas localisées exclusivement à un étage climatique : on les trouve, en effet, aussi bien dans la région de Gabès (oued Melah) que dans la Basse Vallée de la Medjerdah (Galaat El Andleuss), tous deux situés dans des étages climatiques différents : étage aride inférieur à hivers tempérés, étage semi-aride; toutefois la complexité de la végétation est beaucoup plus grande dans le Nord de la Tunisie.

Du point de vue géomorphologique, il s'agit, en général, de plaines dont la cote est voisine de celle d'un niveau de base (local ou général) et où l'écoulement des eaux est par conséquent difficile.

Il en résulte :

— soit une nappe phréatique plus rapprochée de la surface que dans le cas des plaines inondables bien drainées; elle se situe au voisinage de 1,50 m et ceci détermine surtout une hydromorphie de profondeur,

— soit un engorgement de surface prolongé, ce qui rapproche ce type de plaine inondable des garâas et des marécages peu salés, lorsque les eaux superficielles sont peu salées,

— soit une combinaison des deux.

1. — VEGETATION DES PLAINES INONDABLES MAL DRAINEES ET PEU SALEES, FAIBLEMENT MARECAGEUSES DES ETAGES SEMI-ARIDE SUPERIEUR ET SUBHUMIDE

Ce type de végétation de plaine inondable correspond au cas le plus fréquent dans la Tunisie du Nord. Dans l'exemple étudié, on distingue deux éléments : l'élément A est le groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum*; l'élément B est le groupement à *Gaudinia fragilis* ssp. *eu-fragilis* et *Arthrocnemum indicum*

Etude de l'élément A. — L'élément A correspond aux zones d'écoulement préférentiel, où l'eau stagne le moins.

Végétation : relevé n° 1.502 du tableau phytosociologique 4 (5 mai 1960).

a) Groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Festuca elatior var. *arundinacea*
Mentha pulegium
Cichorium Intybus ssp. *pumilum*

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Melilotus sulcata
Ormenis praecox
Koeleria hispidula var. *typica*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages, semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Centaureum pulchellum

d) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages de végétation, subhumide, semi-aride, et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus
Centaureum spicatum

e) Groupe écologique caractéristique de sol hydromorphe humifère peu salé, pour une conductivité allant jusqu'à 25 millimhos dans les étages, semi-aride supérieur et subhumide :

Trifolium isthmocarpum var. *Jaminianum*
Gaudinia fragilis ssp. *eu-fragilis*
Trifolium lappaceum
Pholius incurvatus ssp. *filiformis*
Lolium rigidum var. *subteres*
Trifolium Cherleri

Dans ce relevé existe aussi *Cynodon Dactylon*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Garat ben Ammar 4 (GBA 4); date : 5 août 1960.

Caractères géomorphologiques : zone d'écoulement préférentiel dans une plaine inondable.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'état-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 522,00; 412,00.

Description.

0-10 cm : gris clair, (C 90), avec abondantes taches jaune pâle, (C 74), de taille moyenne à passage progressif; limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, microstructure cubique fine, la première nette, la seconde beaucoup moins, une certaine microporosité, assez compact; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

TABEAU 10

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	CO ² Ca Total	SO ⁴	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	calculé L	Na	Fer libre
							Cl meq/l	CO ³ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
GBA 4	571	0-10	26,5	27,3	0,41	47,6	255	1	140	94,5	46,5	16,9	18,9	0,57	
	572	10-30	19,5	26,4	0,37	50	170	1,6	132,5	29	30,5	17,1	19,1		
	573	30-50	12,8	28,5	0,29	54	115	2,6	100	11,5	14,5	27,8	28	0,62	
	885	50-65	10,2	32,5	0,29	61,6	90	2,6	39	6	12	13	15		
	886	65-85	23	43,3	0,45	46,4	235	1,8	65	29,5	30	8,4	9,9	0,39	
GBA 5	887	85-130	15,5	35,4	0,45	39,2	150	2,2	44	7,5	23,5	13,8	15,8		
	994	0-10	12,5	30,8	0,45	70,8	110	1,8	71	35	24,5	9,2	10,7		
	993	10-55	9,1	37	traces	47,2	80	2,6	57,5	9	14,5	16,9	18,9		
	992	55-75	15,5	41,2	0,29	52	145	2,1	110	8,5	13,5	33,3	32,2		
	888	75-105	38	34,1	traces	33,2	400	1,7	200	29,5	64,5	29,4	29,2		
	496	105-140	51	32	0,25	52,8	535	1,2	300	49	84,5	37	34,8		

- 10-30 cm : brun jaune, (E 63); limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, microstructure cubique, toutes deux tendant à devenir moins nettes vers le bas de l'horizon, microporosité, une certaine compacité; débris de coquilles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 30-50 cm : brun jaune, (E 63); limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne tendant à devenir moins nette vers le bas de l'horizon, microporosité friable, microstructure à tendance cubique; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.
- 50-65 cm : brun jaune, (D 72), à reflets olive pâle (D85); limono-argileux; structure cubique moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicelles; frais.
- 65-85 cm : brun jaune clair, (D 74), quelques reflets olive pâle, (D 83); limono-argileux, à structure cubique large, nette, compacte, à microporosité plus importante que précédemment; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, mais courte; quelques radicelles; humide.
- 85-130 cm : jaune brun (D 68); sablonneux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique forte mais courte; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 130 cm.

Analyses : voir tableaux 10 et 11.

TABLEAU 11

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
GBA 4	571	0-10	31	33	21,5	11	1,5
	572	10-30	40	35	11,5	12	0,5
	573	30-50	33	33	20	10	1
	885	50-65	33	36	21,5	8,5	2,5
	886	65-85	23	22	22,5	30	1
	887	85-130	8	4	8,5	75,5	3
GBA 5	994	0-10	54	37	6	3,5	traces
	993	10-55	19	17	26	37	1
	992	55-75	24	23	37	16	0,5
	888	75-105	7	4	5,5	79,5	5
	496	105-140	25	31	27	12,5	4

Interprétation : L'examen des analyses du profil GBA 4 montre une variation discontinue des fractions granulométriques qui, de même que des variations de la teneur en $\text{CO}_3 \text{ Ca}$, nous indique un sol brut d'apport. La conductivité varie de 15,5 à 26,5 millimhos, et le rapport Na/T varie de 9,9 à 19,1; il s'agit donc d'un sol salé à alcali.

L'étude du profil GBA 4 nous montre des gaines d'oxydation après réduction préalable autour des racines ainsi que des taches jaune pâle, dans l'horizon superficiel, et des taches olive pâle en profondeur (de 50 à 85 cm.).

En résumé, le groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum* se développe sur des sols salés à alcalis, bruts d'apport, à hydromorphie hétérogène, c'est-à-dire faible en surface et plus forte en profondeur.

Etude de l'élément B. — L'élément B correspond à des petites dépressions situées un peu plus bas que les éléments précédents.

Végétation : relevé n° 1990 du tableau phytosociologique 4, effectué le 16 juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 50 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, aride et semi-aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus
Centaureum spicatum

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Trifolium strictum
Koeleria hispidula var. *typica*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

d) Groupe écologique caractéristique de sol hydromorphe humifère peu salé, pour une conductivité allant jusqu'à 25 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Gaudinia fragilis ssp. *eu-fragilis*
Trifolium lappaceum
Ranunculus muricatus

e) Groupe écologique halophile côtier pour l'étage de végétation semi-aride et un sol à texture moyenne :

Limonium ferulaceum
Lygaeum spartum

f) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*

g) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 40 et 70 millimhos :

Arthrocnemum indicum

La végétation est homogène, et son degré de recouvrement atteint en moyenne 70 pour cent; dans ce relevé existe *Pulicaria inuloides* et *Spergularia marina*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Garaet ben Ammar 5 (GBA 5) — date : 5 août 1960

Caractères géomorphologiques : plaine inondable.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'état-major au 1/50000°

Coordonnées Lambert : 522,00; 412,30.

Description.

0-10 cm : brun pâle, (C 61); argileux; structure prismatique fine, nette, compacte; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des racelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

10-55 cm : brun très pâle, (C 54); sablo-argileux; structure prismatique fine, nette, friable, microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

57-75 cm : brun pâle, (C 61); sablo-limoneux, structure diffuse, effervescence à l'acide moyenne à forte; racines et radicelles; frais.

75-105 cm : jaune pâle, (C 82); sableux, à structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte mais courte; racines et radicelles; humide.

105-140 cm : jaune pâle, (C 82), quelques taches jaune rouge à passage progressif. (D 46); limono-sableux, structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte mais courte; racines et radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 140 cm.

Analyses : voir tableaux 10 et 11.

Interprétation : L'étude des analyses du profil GBA 5 nous montre l'existence d'un sol brut d'apport alluvial (hétérogénéité de la répartition des fractions granulométriques et de la teneur en CO^3 Ca), et l'existence d'horizons salés à alcalis en surface, fortement salés à alcalis en profondeur.

L'examen du profil nous indique, en surface, des gaines d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles et quelques taches jaune rouge à passage progressif dans les horizons profonds.

On se trouve donc en présence d'une hydromorphie temporaire, totale, complexe, faible en surface, plus forte en profondeur.

Discussion : Nous avons vu qu'il existait, dans le profil, deux strates, correspondant à des milieux salés très différents : en effet, à la strate superficielle (horizons de 0 à 75 cm) correspondent des couches faiblement salées, à alcali, et les groupes écologiques (a), (b), (c), (d), (e), (f).

A la strate profonde (105-140cm), qui est un horizon beaucoup plus salé, à taches jaune rouge, correspond le groupe monospécifique à *Arthrocnemum indicum*.

Considérons maintenant les groupes écologiques de la strate superficielle : on remarque la présence d'un groupe écologique b, caractéristique d'une hydromorphie superficielle faible à moyenne, dont la composition floristique est appauvrie par rapport au groupe type : y manquent, en effet, la moitié des espèces du groupe écologique.

D'autre part, nous avons pu constater l'apparition d'un groupe écologique caractéristique des sols sablo-limoneux et côtiers (groupe e) : *Limonium ferulaceum*, *Lygaeum spartum*.

L'existence simultanée du groupe f appauvri, qui est caractéristique d'une texture fine, l'apparition du groupe e, caractéristique des sols à texture moyenne et côtiers, nous montre que l'horizon argileux ne constitue qu'un recouvrement superficiel au-dessous duquel existent des horizons de texture moyenne.

En résumé, le groupement à *Gaudinia fragilis* ssp. *eu-fragilis* et *Arthrocnemum indicum* se développe sur des sols bruts d'apport, salés, hétérogènes, c'est-à-dire salés à alcalis dans les horizons superficiels et fortement salés à alcalis, dans les horizons profonds. L'hydromorphie est beaucoup plus faible que précédemment (quelques taches).

Conclusion. — Lorsque l'on compare les caractères de l'hydromorphie dans les deux éléments, on constate que l'élément A (groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum*) montre une hydromorphie hétérogène, à taches

jaunes dans les horizons superficiels et à reflets olive pâle dans les horizons profonds.

L'élément B (groupement à *Gaudinia fragilis* ssp. *eu-fragilis* et *Arthrocnemum indicum*) présente une hydromorphie complexe, à gaines d'oxydation le long des radicelles dans la partie superficielle, à taches jaune-rouges dans la partie inférieure. Ces taches n'existent que dans l'horizon le plus profond.

Par ordre d'hydromorphie croissante, les éléments étudiés se classent de la manière suivante : $A < B$.

Les chiffres de conductivité diffèrent suivant les éléments et la superposition des milieux de salure différente gêne le classement. Néanmoins on peut distinguer : $A < B$.

On peut résumer les conclusions précédentes en affirmant que dans les limites de notre étude et sous un climat semi-aride, les stations les plus hydromorphes sont celles qui sont les moins salées. Elles correspondent aux zones d'écoulement préférentiels de l'eau.

2. VEGETATION DES PLAINES INONDABLES DE MEME TYPE MAIS ETABLISSANT LA TRANSITION AVEC LE TYPE GARAA (CARACTERE MARECAGEUX PLUS ACCUSE)

Dans ce type de plaine, l'écoulement des eaux vers une côte plus basse est lent et difficile. L'eau stagne en surface, créant, par là même, des conditions d'hydromorphie superficielle forte; ceci se reflète dans la végétation, qui est constituée essentiellement par des groupes écologiques où dominent *Juncus subulatus*, *Scirpus maritimus*, *Typha angustifolia* ssp. *australis*.

6. Groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Scirpus maritimus*.

L'exemple étudié concerne une partie de la plaine marécageuse des environs de Soliman (région du Cap Bon, Tunisie du Nord).

Végétation : relevé n° 1.700 du tableau phytosociologique 5 (effectué en Mars 1961).

a) Groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Festuca elatior var. *arundinacea*

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Juncus subulatus

Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne à forte des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Scirpus maritimus

Eleocharis palustris

D'autres espèces existent également dans ce relevé, telles *Typha angustifolia* ssp. *australis* (espèce du groupe écologique d'hydrophtes caractérisant une légère circulation de l'eau), *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum*, *Scolymus maculatus*.

Le degré de recouvrement de la végétation atteint 50 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Soliman 2 (So 2) date : Mars 1961.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable.

Localisation géographique : feuille La Goulette de la carte d'état-major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 375,3; 551,2.

Description.

0-30 cm : olive pâle, (D 82); argileux; structure prismatique moyenne, nette, compacte, microporosité faible; abondantes gaines d'oxydation après réduction préalable autour des racelles, (de couleur rouille vif) effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; abondantes racines et racelles; sec.

30-100 cm : olive, (E 84); argileux; structure prismatique large recoupant une structure en plaquettes moyenne, nette par endroits d'où tendance cubique de l'ensemble de la structure, compact, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; peu abondantes racines et racelles; sec.

100-200 cm : olive (E 84); argileux; structure prismatique large recoupant une structure en plaquettes large, nette, compacte; l'ensemble a une structure cubique large, microporosité faible, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni racelles; sec.

Analyses : voir tableau 12.

TABLEAU 12

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	Saturation de la pâte en %	Na — T calculé
So. 2	2.658	0-30	6,8	8,25	1,92	62,8	10
	48 A	30-100	6,5	8,28		53,6	11
	2.711	100-200	11,5	8,38		66	20

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est faiblement salé (conductivité inférieure à 10 millimhos) à alcali (rapport Na/T voisin de 15).

La totalité du profil montre une couleur olive ce qui indique une hydromorphie totale, temporaire, moyenne à forte.

Le système racinaire s'étend jusqu'à 100 cm. Compte tenu de sa profondeur, on peut dire que le groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Scirpus maritimus* se développe sur un sol salé à alcali à hydromorphie totale, temporaire, forte.

Examinons la composition floristique du groupement. On constate l'existence de deux types de groupes écologique distincts. Le premier correspond à l'existence de conditions marécageuses (groupe b et c). Le second correspond à des groupes écologiques indiquant un écoulement de l'eau (groupe a et *Typha angustifolia* ssp.

australis qui paraît dans des zones recouvertes assez longtemps par une eau soumise à une légère circulation); le groupe a est lié à des conditions d'écoulement d'eau plus brèves : il en résulte, que, dans de telles stations, *Festuca elatior* var. *arundinacea* est peu développé. la durée d'engorgement du sol étant supérieure à son optimum.

3. VEGETATION DES PLAINES INONDABLES MAL DRAINES ET SALEES ETABLISSANT LA TRANSITION AVEC LE TYPE SEBKHA

Par végétation de type sebkha, nous entendons toute végétation à dominance d'espèces vivaces halophiles (telles *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum indicum*, *Salicornia arabica*, *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*). Il est généralement admis que ces plantes se répartissent à la périphérie des sebkhas, lacs salés temporaires. Une étude plus approfondie montre, en réalité, que cette végétation existe également dans les plaines inondables mal drainées et salées; elle constitue le terme final de notre classification de la végétation des plaines inondables.

Du point de vue géomorphologique, il s'agit le plus souvent de plaines dont la cote est voisine d'un niveau de base local ou général. L'écoulement des eaux y est par conséquent, lent et difficile mais, par rapport au cas précédent, l'engorgement affecte surtout les horizons profonds. Ce type de plaine est fréquent en Tunisie et présente un certain nombre de variantes. Nous en étudierons quatre appartenant à quatre étages bioclimatiques différents.

7. Variante représentée phytosociologiquement par le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum*, facies à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* (étage semi-aride supérieur).

L'exemple étudié concerne la plaine inondable du Henchir Brada (Basse Vallée de la Medjerdah, Tunisie du Nord), recevant les crues des divers oueds.

Végétation : relevé n° 2201 du tableau phytosociologique 3, effectué le 15 Juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Melilotus sulcata
Ormenis praecox
Trifolium strictum
Juncus bufonius ssp. *eu-bufonius*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine, dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri* s

d) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 20 et 45 millimhos :

Suaeda fruticosa var. *longifolia*

Ce faciès à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* se développe sous l'aspect d'une pelouse dense atteignant en moyenne 80 pour 100 de degré de recouvrement et les espèces du groupe (b) sont peu développées.

Conditions édaphiques

Numéro : Mornaghia 1 (M 01) — date : 20 août 1960.

Localisation géographique : feuille Tunis de la carte d'état-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 508,80; 382,00.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable.

Description.

0-6 cm : jaune pâle, (C 74); argileux; structure polyédrique irrégulière, fine, nette, friable, porosité (macro et micro) moyenne; quelques débris de coquilles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; racelles; sec.

6-50 cm : jaune pâle, (C 74); argileux; structure cubique large, nette, compacte, microporosité faible; petites poches de gypse microcristallisé sous forme de petits disques, débris de coquilles peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; horizon d'abondance maximum des racines et racelles; sec.

50-80 cm : brun jaune foncé, (F 64), avec taches brun jaune, (D 63), peu abondantes, à passage progressif; argileux; structure cubique large, nette dans les 20 premiers centimètres de cet horizon, devenant beaucoup plus diffuse vers le bas, à microporosité faible; compact; quelques petites poches de gypse microcristallisé, sous forme de disques, très abondant pseudomycélium gypso-

calcaire, quelques débris de coquille; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, courte; quelques racines et radicelles; frais.

80-100 cm : brun jaune foncé, (F 64), avec quelques grandes taches brun jaune, (D 63), à passage progressif; argileux; structure diffuse, (car humide), microporosité faible; abondantes petites poches de gypse microcristallisé sous forme de disques, pseudomycélium gypso-calcaire rare; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; quelques radicelles; humides.

100-130 cm : brun foncé, (H 61), avec reflets rouge jaune, (E 58), de petite taille, assez abondants; argileux; structure diffuse (car humide), se débitant à la pression en micropolyèdres, microporosité faible; quelques petites poches de gypse microcristallisé sous forme de disques, quelques débris de coquille; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; quelques radicelles; humide.

130-160 cm : brun foncé, (H 61), avec petites et peu abondantes taches rouge jaune, (E 58), à passage progressif; argileux; structure diffuse, (car très humide); quelques petites poches de gypse microcristallisé, pseudomycélium gypso-calcaire rare, quelques débris de coquille; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines ni radicelles; très humide

Plan d'eau salé à 160 cm.

Analyse : voir tableau 13.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est salé à alcali lessivé. Une réserve reste à faire sur les conditions de prélèvement aux fins d'analyse : les horizons ont été étudiés de 25 cm. en 25 cm., mais nous pensons que les chiffres obtenus sont assez représentatifs. On observe dans le profil, à partir de 50 cm, des teneurs beaucoup plus élevées en Mg soluble, ce qui est fréquent dans les sols tirsifiés; un tel résultat confirme l'hypothèse d'un sol tirsifié enterré.

L'étude du profil nous montre l'existence d'un engorgement des horizons moyens et profonds se manifestant par des taches brun jaune et un pseudomycélium abondant dans le même horizon (50 à 80 cm), des reflets (100-130 cm) puis des taches rouge jaune dans un horizon brun foncé (sol tirsifié enterré). Il s'agit donc d'un sol à hydromorphie partielle, temporaire des horizons moyens et profonds. A cette hydromorphie actuelle se superpose une hydromorphie ancienne. Il s'agit donc d'un sol hydromorphe « héritier, monophasé » (voir p. 21).

Le système racinaire présente un horizon d'abondance maximum à 6-50 cm. de profondeur et s'étend jusqu'à 130 cm.

En résumé, le facies à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* du groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* se développe sur un sol brut d'apport, salé à alcali hétérogène (salé sur fortement salé à alcali), hydromorphe, héritier monphasé, à hydromorphie hétérogène, temporaire (à taches brun jaune puis à reflets rouge jaune) des horizons moyens, temporaire à taches rouge jaune en profondeur.

8 Variante représentée phytosociologiquement par le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Sphenopus divaricatus* (étage semi-aride supérieur).

Ce groupement succède au précédent, dans la même station (Henchir Brada, près de la Mornaghia, Basse Vallée de la Medjerdah, Tunisie du Nord).

Végétation : relevé n° 2.202 du tableau phytosociologique 3, effectué le 20 Juin 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 18-20 et 40-50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Sphenopus divaricatus
Spergularia marina
Pholurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine, dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

c) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 20 et 45 millimhos :

Suaeda fruticosa var. *longifolia*

La végétation atteint en moyenne 60 pour 100 de degré de recouvrement.

Conditions édaphiques.

Numéro : Mornaghia 2 (Mo 2) — date : 20 août 1960

Localisation géographique : feuille Tunis de la carte d'état-major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 509,20; 382,00.

Description.

0-20 cm : brun jaune, (D 72); argileux; structure nuciforme moyenne, nette, friable; microporosité faible; rares petites poches

TABEAU 13

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ² Ca Total	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	calculé 1 — Na
								Cl meq/l	CO ³ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
MO 1	2.723	0-25	12	8,3	1,75	30,8	52	75	1	150	22,5	23	32	31
	2.727	25-50	20	8,4	0,77	31,6	54	125	1,5	260	25	37	47	40
	2.728	50-75	29,5	8,5	0,67	33,6	51,2		1,5	410	28	60,5	62	47
	2.729	75-100	35,5		0,67	29,2	52,8	280	1	480	31,5	73	67	50
	2.730	100-125		8,7	0,87	27,6	56	295	1,5	502	27,5	74,5	70	50
	2.731	125-150	40	8,7	0,87	28,8	57,6	320	1	560	28,5	88,5	73	52
MO 2	2.732	0-25	18	8,4	1,70	29,6	46	115	1,5	230	28	32	42	37
	2.733	25-50	27,5	8,7	0,56	35,2	54	175	1,5	380	22	30	74	52
	2.734	50-75	40	8,7	0,67	29,6	48	315	1	560	24	53	105	60
	2.722	75-100	44	8,6	0,72	27,6	52	360	1,5	620	22	60,5	97	57
	2.703	100-125	46,5	8,6	1	22	49,1	315	0,8	455	29	57,5	69	50
	2.704	125-150	42,5			22,8	49,1	320	1,1	400	28	56,5	62	47

d'accumulation de gypse microcristallisé sous forme de disques; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; racines et radicelles; sec.

20-50 cm : brun très pâle, (C 72); argileux; structure cubique fine, nette, compacte, microporosité faible; peu abondantes poches d'accumulation de gypse microcristallisé sous forme de disques, pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant, débris de coquilles; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; abondantes racines et radicelles; frais.

50-100 cm : brun gris foncé, (F 61), avec taches jaune pâle, (C 74), nettement individualisées; argileux, structure diffuse (car humide); petites poches d'accumulation de gypse microcristallisé sous forme de petits disques, abondant pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, courte; racines et radicelles peu abondantes; humide.

100-130 cm : brun gris foncé, (F 61), avec taches rouge jaune, (F 36), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure diffuse, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, courte; quelques radicelles, très humide.

Plan d'eau salé à 130 cm.

Analyses : voir tableau 13.

Interprétation : L'étude des analyses montre que le sol est salé à alcali lessivé, hétérogène (salé à alcali de 0 à 50 cm, fortement salé à alcali au delà). Le profil Mornaghia 2 montre un engorgement actuel de profondeur; dans le profil il se révèle par la présence d'un pseudomycélium gypso-calcaire (20-50 cm), de taches jaune pâle et de pseudomycélium (50-100 cm); les taches rouge jaune sont à passage progressif, ce qui indique une hydromorphie actuelle, partielle (horizons moyens et profonds), hétérogène, temporaire. En outre, l'existence en profondeur d'un horizon brun gris foncé en même temps que des teneurs plus élevées en Mg soluble nous indique comme dans le profil Mc 1 l'existence d'un ancien sol tirsifié enteré. Le profil Mo 2 est donc un sol hydromorphe, héritier, monophasé (Gèze, 1959). Le système racinaire s'étend jusqu'au plan d'eau; la corrélation sol — végétation est donc totalement valable.

Le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Sphenopus divaricatus* se développe sur un sol brut d'apport, salé à alcali hétérogène (salé sur fortement salé à alcali) hydromorphe, « héritier monophasé », à hydromorphie actuelle partielle (des horizons moyens et profonds) hétérogène (temporaire à taches jaune pâle des horizons moyens, temporaire à taches rouge jaune des horizons profonds).

9. Variante représentée phytosociologiquement par le groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Phragmites communis* var. *isiacus* f. *pungens* (étages semi-aride inférieur, supérieur, et aride).

Végétation : relevé n° 2203 du tableau phytosociologique 1, effectué le 20 octobre 1960.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les étages semi-aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra
Suaeda fruticosa var. *longifolia*

b) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 10 et 100 millimhos :

Phragmites communis var. *isiacus* f. *pungens*

c) Groupes écologiques monospécifiques caractéristiques de conductivité variant entre 40 et 100 millimhos :

Halocnemum strobilaceum
Arthrocnemum indicum

Le degré de recouvrement de la végétation ne dépasse pas en moyenne 50 pour 100

Conditions édaphiques.

Numéro : Enfidaville 1 (ENF. 1) — date : 17 novembre 1960.

Localisation géographique : feuille Sidi Bou Ali de la carte d'état-major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 546,00; 307,40.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable.

Description.

0-1 cm : brun jaune foncé, (F 64); limono-argileux avec croûte salée; massif, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; ni racines ni radicelles; sec.

1-15 cm : brun, (D 41); limono-argileux; gypseux à gypse finement microcristallisé; polyédrique irrégulier, friable, microporosité moyenne; abondantes petites poches d'accumulation de gypse microcristallisé; vers la partie inférieure apparition d'un pseudomycélium gypso-calcaire et salé, peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; abondantes radicelles; sec.

15-65 cm : brun, (D 41)); limono-argileux; polyédrique irrégulier, friable, microporosité moyenne; abondant pseudomycélium gypso-calcaire et salé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.

TABLEAU 14

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na calculé T
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
ENF 1	293	0-1	125	8,6	1,34	9,78	4,2	40	1.700	3	2.025	35	300	159	69,9
	323	1-15	50			7,23	3,5	44	1.030	3	1.175	50	130	125	64,8
	328	15-65	46,5	8,6	0,51	11,91	7,2	52	390	0	470	47	62	64,4	48,3
	333	65-112	44,5			11,4	9,7	52	375	0	430	44	58	64,3	46,8
	334	112-140	44,5	8,7	0,62	13,2	4,9	52	400	0,3	440	39	71		46,2
	344	140-155	49,5			13,6	1,1	55	445	0	550	35	85	71,4	50,8

65-112 cm : brun jaune, (D 72), à taches gris-clair, (C 90), assez abondantes, avec grandes taches jaune rouge, (D 48), constituant parfois un liseré autour des taches gris-clair, des taches brun foncé, (H 61), passant très progressivement vers la couleur jaune rouge, (D 46); limono-argileux; polyédrique, irrégulier, friable, pétri de concrétions gypseuses (à gypse finement microcristallisé) et de concrétions de gypse microcristallisé; autour des racines, manchon gris-noir de sulfures (dégagement d'hydrogène sulfuré); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicules, rhizomes de roseau; frais.

TABLEAU 15

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sabies fins	Sables grossiers
ENF 1	293	0-1	25	26	18,5	24	5
	323	1-15	24	26	25	21	4
	328	15-65	38	19	20	16	4
	333	65-112	36	16	20	18	7
	334	112-140	38	15	15	20	10
	344	140-155	45	21	20	15,5	2

112-140 cm : brun, (D 41), avec taches jaune rouge, (D 58), et taches gris-foncé, (F 10), passant à gris-clair, assez abondantes de taille moyenne; les taches jaune rouge sont plus abondantes que les taches gris-clair; autour des rhizomes, manchon de sulfures (dégagement d'hydrogène sulfuré); mis à part les man-

chons, les taches grises ne dégagent pas d'hydrogène sulfuré, limono-argileux; structure diffuse (car humide), microporosité faible, pétri de petites poches gypseuses; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes; humide.

140-155 cm : brun, (D 41), avec taches gris-foncé, (F 10), et taches jaune rouge (D 48, en proportions égales; les taches grises dégagent une faible odeur d'hydrogène sulfuré, manchon gris-noir de sulfures autour des rhizomes; argileux; structure diffuse (car très humide), effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes; très humide.

Plan d'eau salé à 155 cm.

Analyses : voir tableaux 14 et 15.

Interprétation : L'examen des tableaux 14 et 15 nous montre que la conductivité est maximum en surface et décroît ensuite avec la profondeur, passant de 125 à 44,5 millimhos. Il existe donc un horizon d'accumulation des sels solubles. Le rapport Na/T varie de 46,2 à 69,9. L'étude de la répartition des fractions granulométriques, et des variations de la teneur en $\text{CO}_3 \text{ Ca}$, nous montre qu'il s'agit d'un sol homogène sur la plus grande partie du profil.

L'examen du profil nous montre l'existence d'un engorgement total, complexe, se manifestant dans le profil par la présence

— d'un horizon de pseudomycélium gypso-calcaire et salé, (I à 65 cm) en surface,

— en profondeur par un horizon à taches grises entourées d'un liseré jaune rouge (65-112 cm.) puis par un horizon à taches jaune rouge plus abondantes que les grises (112-140 cm.), et, enfin, par un horizon (140-155 cm.) où les taches grises et les taches jaune rouge sont en proportions égales.

Il s'agit donc d'un sol hydromorphe à hydromorphie totale, hétérogène : superficielle temporaire à pseudomycélium et à taches, (de 0 à 112 cm.) permanente (112-115 cm.), à pseudogley et à gley en profondeur.

Discussion : A la présence d'un horizon à pseudomycélium correspond l'existence du groupe a; à l'existence du pseudogley et du gley correspond b; enfin à la présence ici d'un profil très salé correspond l'existence de c.

Le système racinaire comme on peut s'en apercevoir, s'étend jusqu'à la nappe; aussi les données pédologiques sont-elles totalement valables.

En résumé, le groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Phragmites communis* se développe sur un sol très fortement salé à alcali.

du type sol de sebkha, à hydromorphie superficielle, temporaire et à hydromorphie de profondeur, permanente (du type pseudogley et gley).

10. Variante représentée phytosociologiquement par le groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Nitraria retusa* (étages aride inférieur et saharien).

Cette plaine inondable se trouve au voisinage immédiat de l'oasis de Mareth (Tunisie du Sud) dans une variante bioclimatique correspondant à l'étage aride inférieur à hiver doux d'Emberger.

Végétation : relevé n° 2.450 du tableau phytosociologique 6, effectué le 10 Décembre 1959.

a) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'un horizon ou d'un profil à conductivité variant entre 70 et 90 millimhos :

Arthrocnemum indicum

b) Groupe écologique caractéristique d'encroûtement gypseux assez friable, à gypse finement microcristallisé, pour une conductivité variant de 10 à 90 millimhos dans les étages aride inférieur et saharien :

Frankenia thymifolia

Halimione portulacoides var. *appendiculata*

c) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'encroûtement gypseux finement microcristallisé, compact, pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les horizons moyens et profonds du profil et les étages aride inférieur et saharien :

Nitraria retusa

Le degré de recouvrement de la végétation atteint en moyenne 40-50 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Z 14 — date : 26 janvier 1960.

Localisation géographique : feuille Mareth de la carte d'état-major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 541,40; 339,60.

Description.

0-10 cm : brun pâle, (C 61), sablo-limoneux; grumeleux, irrégulier; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

10-20 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin limoneux et gypseux à gypse finement microcristallisé; polyédrique irrégulier; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; quelques racines et radicelles; frais.

TABLEAU 16

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na calculé L N
								Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
Z 14	A 71	0-10	80	8,2	1,03	3,1	9	700	10	1.000	112,5	63,5	107,5	61
	A 72	10-20	90	8,3	0,36	1,6	23,8	1.025	12,5	1.000	100	213	80	53,5
	A 73	20-40	82	8,4	0,67	2,4	30,6	925	12,5	870	112,5	160,5	75	52
	A 74	40-110	37	8,5	0	0,8	30,6	319	5,4	320	39	80	42,1	37,5

20-40 cm : brun pâle, (C 61); structure diffuse (car humide), sable fin limoneux et gypseux, à gypse finement microcristallisé; quelques petits disques de gypse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; quelques racines et radicelles; humide.

40-110 cm : jaune pâle, (C 74); sable fin limoneux et gypseux structure diffuse (car très humide), devenant progressivement compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique, faible, modérée; quelques radicelles à la partie supérieure de l'horizon; très humide.

Plan d'eau salé à 110 cm.

Analyses : voir tableaux 16 et 17.

TABLEAU 17

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Z 14	A 71	0-10	7	10	23	53,5	3,5
	A 72	10-20	7	8	20	50	10
	A 73	20-40	6	2	19	57	14
	A 74	40-110	9	5	14,5	55,5	13

Interprétation : L'étude granulométrique des différents horizons, de même que la teneur en $\text{CO}^3 \text{Ca}$, nous montre que le sol est brut d'apport.

Les chiffres de conductivité varient de 37 à 80 millimhos, alors que le rapport Na/T varie de 37,5 à 61. Le sol est donc très fortement salé, mais non à alcali (par suite de la teneur élevée en gypse).

Discussion : L'examen du profil nous montre l'existence d'un plan d'eau salé proche de la surface; il existe un encroûtement gypseux assez friable auquel correspond le groupe b; cet encroûtement de-

vient plus compact en profondeur, et il lui correspond c; à l'existence de a, correspond un sol très fortement salé.

Le système racinaire s'étend jusqu'à la partie supérieure de l'horizon compact; la corrélation entre le sol et la végétation est donc totalement valable.

En résumé le groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Nitraria retusa* se développe sur des sols très fortement salés, à encroûtement gypseux hétérogène (assez friable à compact), des plaines inondables mal drainées et salées de l'étage aride inférieur et saharien.

4. VEGETATION DES PLAINES D'EMBOUCHURE MAL DRAINEES ET SALEES DE L'ETAGE ARIDE

Dans certaines plaines d'embouchure, se développe un type particulier de végétation, lié à une durée de submersion plus longue.

L'exemple étudié concerne une plaine servant d'embouchure à plusieurs oueds (les plus importants de la Tunisie du Centre) : oueds Zeroud, Merguellil, Nebâana, qui se déversent dans un lac, improprement appelé sebkha, la sebkha Kelbia. La plaine d'embouchure qui précède ce lac est donc, au sens de de Martonne (Baulig, 1956) une plaine de niveau de base.

11. Groupement à *Rumex strictus* et *Salicornia arabica*.

Végétation : relevé n° 2.205 du tableau phytosociologique 1, effectué le 10 Avril 1960.

Par suite de la rareté de ce type de plaine d'embouchure, nous ne disposons pour ce groupement que de quelques relevés.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie partielle (horizons superficiels et moyens) à taches ferrugineuses pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans l'étage aride :

Rumex strictus
Atriplex coriacea

b) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

c) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

TABLEAU 18

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	CO ² Ca Total	SO ⁴	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na calculé L	Fer libre	Fer total
								Cl meq/l	CO ² H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
Kao	881	0-20	18	8,2	27	1,2	60	143	1,2	97,6	19,5	83,5	13,7	15,8	1,18	4,59
	882	20-80	37		27	1,2	64	402	1,1	265	62	115	28,1	28,8	1,04	4,59
	883	80-115	48		30,9	0,9	64	521	0,8	350	18	214,5	32,7	32	0,78	4,42
	884	115-145	48	7,2	24,3	0,8	64	549	0,7	380	73,5	160,5	35,1	33,2		

Les buissons d'Atriplex sont bien développés et le degré de recouvrement atteint en moyenne 50 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan 9 (Ka 9) — date : 6 mai 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine d'embouchure.

Localisation géographique : feuille sebkha Kelbia de la carte d'état-major au 1/50000^e.

Coordonnées Lambert : 529,90; 276,00.

Description.

0-20 cm : brun clair, (D 54), avec assez abondantes taches jaune rouge, (D 46), à passage progressif; argileux; polyédrique, moyen, se débitant sous le choc en petits agrégats à structure micropolyédrique, microporosité moyenne; abondants et fins débris végétaux, sans manchons de sulfures; pseudomycélium calcarogypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; racines et radicelles; frais.

20-80 cm : brun clair, (D 54), avec taches jaune rouge, (D 46), assez abondantes, à passage progressif, devenant progressivement moins abondantes vers le bas de cet horizon; argileux; structure polyédrique, fine, nette, friable, microporosité faible; pseudomycélium calcarogypseux devenant progressivement plus abondant vers 60 cm; quelques débris organiques sans manchon de sulfures; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

80-115 cm : brun clair, (D 54), quelques taches jaune rouge, (D 46), à passage progressif; taches grises de sulfures assez abondantes, et auréoles de sulfures autour des débris organiques; argileux; structure diffuse (car humide), compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique, moyenne, modérée; radicelles; humide.

TABLEAU 19

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ka 9	881	0-20	66	27	2,5	1	
	882	20-80	68	22	4	1,5	1,5
	883	80-115	67	22	6	0,5	0
	884	115-145	51	31	11,5	1	1,5

115-145 cm : gris (D 90), à taches gris foncé (F 10) de grande taille, à passage progressif, constituées par des sulfures, avec auréoles de sulfures autour des débris organiques; argileux; structure diffuse, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicules, très humide.

Plan d'eau salé à 145 cm.

Analyses : voir tableaux 18 et 19.

Interprétation : L'examen des analyses granulométriques nous montre que les différents horizons du profil ont une composition assez semblable. D'autre part, l'étude du tableau 18 nous montre également que la conductivité et le rapport Na/T augmentent progressivement avec la profondeur. Ceci nous indique que l'on se trouve en présence d'un sol salé à alcali lessivé.

Il existe un engorgement des horizons superficiels et profonds se manifestant dans le profil par la présence de 0 à 20 cm., d'un horizon où les taches jaune-rouge à passage progressif sont assez abondantes, et le pseudomycélium peu abondant. De 20 à 80 cm., ces taches se raréfient pour disparaître; par contre, le pseudomycélium est beaucoup plus abondant; de 80 à 145 cm. existe un horizon à gley. Ce profil se caractérise donc par une hydromorphie hétérogène partielle, temporaire, moyenne, des horizons superficiels et moyens, d'intensité progressivement décroissante (raréfaction des taches et substitution du pseudomycélium) et permanente (gley) des horizons profonds.

Le système racinaire s'étend jusqu'à 115 cm. Aussi, on peut dire en résumé que le groupement à *Rumex strictus* et *Salicornia arabica* se développe dans les plaines d'embouchure mal drainées de l'étage aride, caractérisées par des sols salés à alcalis lessivés, à hydromorphie complexe : temporaire, à taches ferrugineuses de la partie superficielle et moyenne du profil et permanente, à gley, en profondeur.

II. VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES A DEBIT SOLIDE ELEVE (ALLUVIONNEMENT ACTUEL IMPORTANT).

Un certain nombre d'oueds de la Tunisie du Centre montrent, dans une partie de leurs cours, un alluvionnement actuel important. Ces oueds possèdent donc un débit solide élevé : tel est le cas notamment des oueds Zeroud, Merguellil. Ces deux derniers seulement possèdent un lit instable au voisinage de la plaine de Kairouan, formé d'un réseau de rigoles, séparées par des bancs d'alluvions plus

au moins élevés, où divaguent les eaux des basses crues. Les exemples étudiés concernent l'oued Zeroud (plaine de Kairouan, Tunisie du Centre), dont les capacités d'alluvionnement sont telles qu'en l'espace d'une crue il peut se former dans l'axe principal du lit majeur, un banc d'alluvions de 3 mètres de haut sur 100 mètres de long.

A. VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES
BIEN DRAINEES A ALLUVIONNEMENT
ACTUEL IMPORTANT

L'exemple étudié concerne l'axe principal d'écoulement du lit majeur de l'oued Zeroud où, en l'espace d'une crue, se déposent des quantités importantes d'alluvions.

12. Groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Bassia muricata*.

Végétation : relevé n° 1.039 du tableau phytosociologique 1, effectué le 15 Mai 1960.

a) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 70 et 90 millimhos :

Halocnemum strobilaceum

b) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'hydromorphie forte et d'alluvions sablonneuses dans l'étage aride :

Tamarix pauciovulata

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil, pour une conductivité variant de 10 à 70 millimhos dans les étages semi-aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra

Atriplex Halimus var. *Schweinfurthii*

d) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Schismus barbatus var. *calycinus*

Koeleria pubescens ssp. *villosa*

Anacyclus cytrolepidioides

e) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, et d'une conductivité inférieure à 10 millimhos :

Bassia muricata

Launaea resedifolia ssp. *eu-resedifolia*

Trigonella maritima var. *leiosperma*

Lolium rigidum var. *tenue*

Artemisia campestris ssp. *glutinosa*
Cutandia divaricata
Hippocrepis multisiliquosa ssp. *ciliata*
Limonium echiodes ssp. *eu-echiodes*
Medicago truncatula var. *narbonensis*
Plantago albicans ssp. *eu-albicans*
Coronilla scorpioides
Astragalus sinaicus var. *eu-sinaicus*
Trigonella polycerata var. *pinnatifida*
Plantago Psyllium var. *typica*
Ononis serrata var. *minor*
Medicago minima var. *erecta*
Aristida pungens var. *typica*
Lotus halophilus
Centaurea furfuracea
Glaucium corniculatum
Lotus cytistoides ssp. *collinus*
Hedysarum spinosissimum ssp. *eu-spinosissimum*

f) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*
Pholurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

g) Groupe écologique indifférent à la texture et caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et aride supérieur :

Melilotus sulcata
Melilotus compacta
Cichorium Intybus ssp. *pumilum*

h) Groupe écologique messicole indifférent à la texture dans l'étage aride :

Anagallis arvensis ssp. *coerulea*
Filago germanica ssp. *spathulata* var. *pyramidata*
Torilis nodosa f. *bracteosa*
Hedypnois cretica ssp. *polymorpha*
Peganum Harmala
Moricandia arvensis ssp. *suffruticosa*
Ridolfia segetum
Cynodon Dactylon var. *genuina*
Bromus hordeaceus ssp. *mollis*

i) Groupe écologique nitrophile indifférent à la texture, pour une conductivité allant jusqu'à 40 millimhos dans l'étage aride :

Chenopodium vulvaria
Mesembryanthemum crystallinum

Dans ce re'evé existent *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Bubonium aquaticum*.

La végétation sur ces larges bancs d'alluvions atteint 70 pour 100 de degré de recouvrement en moyenne, et elle est assez homogène.

TABLEAU 20

NUMERO DES PROFILS	NUMERO de l'échantillon	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ² Ca Total	SO ⁴	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na calculé
									Cl meq/l	CO ³ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
Ka 14	481	0-40	5,6	8,5	0,20	26,1	0,5		32	1,7	20	21	25,5	4,2	4,5
	482	40-80				29,1	0,7		335	1,5	320	46	72	42,1	36,5
	483	80-85	67		0,46	34,3	3,2		715	1,5	790	40	146	82,3	55
	484	85-100	74	8		34,8	1		860	2,	840	39	195	77,8	53
	485	100-110	72		0,62		2,2		765	1,5	840	47	152,5	84,8	56
	486	110-140	42			3,5	0,8		400	1,5	455	37,5	81	59,9	46,2
	487	140-145	87	7,9	0,67	28,7	2,9		1,085	1,5	1,000	39	362	82	54,5
	488	145-190	60			13,9	0,7		620	2	670	31,5	167	67,7	49,5
	489	190-210	77		0,62	38,3	1,4		815	1,5	880	35	232	76,5	52,5

Conditions édaphiques. Le profil a été effectué sur un des plateaux à ondulations faibles, coupés de bras secondaires de l'oued Zeroud, qui ne sont fonctionnels qu'en cas de forte crue.

Numéro : Kairouan 14 (Ka 14) — date : 1^{er} juin 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable à alluvionnement actuel.

Localisation géographique : feuille Sidi El Hani de la carte d'état-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 265,20; 526,50.

Description.

- 0-40 cm : jaune pâle, (B 83); sable fin légèrement limoneux; cohérent plus ou moins lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; quelques radicelles; sec.
- 40-80 cm : jaune, (B 56); sable fin limoneux; cohérent plus ou moins lâche, avec quelques passages limoneux, très minces; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; sec.
- 80-85 cm : brun pâle, (C 61), limono-sableux; structure litée, avec quelques très fins passages sablonneux; abondant pseudomycélium calcaro-gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; quelques radicelles; sec.
- 85-100 cm : jaune pâle, (B 83); limono-argileux; polyédrique; moyen, net, compact; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; quelques radicelles; sec.
- 100-110 cm : brun très pâle (C 62); limono-sableux; structure litée; friable; pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; frais.
- 110-140 cm : jaune pâle, (B 83); sablo-limoneux; cohérent plus ou moins lâche; quelques débris de racines; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; frais.
- 140-145 cm : brun pâle, (C 61), à taches jaune rouge, (D 56), assez abondantes, à passage progressif; sable fin limoneux; structure diffuse (car humide); à éléments argileux emballés dans des éléments sableux, friable; abondant pseudomycélium gypso-calcaire, et petits amas gypseux microcristallisés en petits disques; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.
- 145-190 cm : jaune pâle, (B 83); assez abondantes petites taches jaune rouge, (D 48), à passage progressif; sable fin limoneux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; humide.

190-210 cm : brun pâle, avec abondantes petites taches jaune rouge, (C 46), à passage progressif; (C 61); limoneux; structure diffuse; friable; pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide, chlorhydrique moyenne, modérée; très humide

Plan d'eau salé à 210 cm.

Analyses : voir tableau 20 et 21.

TABEAU 21

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ka 14	481	0-40	5	6	20,5	67	2,5
	482	40-80	5	4	29	60,5	0,5
	483	80-85	5	3	24	67,5	0,5
	484	85-100	25	36	22,5	12	0,5
	485	100-110	20	42	30	7,5	0,5
	486	110-140	2	2	10	85,5	0,5
	487	140-145	5	2	5	86	1
	488	145-190	23	6	30	28	1
	489	190-210	15	32	40	11	1

Interprétation : D'après l'examen des analyses, on constate que les diverses fractions granulométriques (tableau 20), varient de façon très discontinue : il s'agit donc d'un sol brut d'apport alluvial; dans le profil, la conductivité varie de 5 à 87 millimhos, et sauf pour le premier des horizons, dépasse partout 30 millimhos. Le rapport Na/T élevé (50 p. 100) indique un sol très fortement à alcali.

L'examen du profil nous montre deux types d'engorgement distincts auxquels correspond une hydromorphie hétérogène

— de 80 à 210 cm., un pseudomycélium formant des horizons discontinus (hydromorphie faible à moyenne);

— de 140 cm. à 210 cm : un horizon à taches jaune rouge (hydromorphie moyenne).

Le sol correspondant à ce profil est très fortement salé, brut d'apport alluvial, à hydromorphie hétérogène.

Discussion : L'examen du profil nous montre que les radicelles s'arrêtent à 140 cm. Nous pouvons constater que le groupe écologique e est floristiquement important; à ce groupe correspond l'existence d'un horizon superficiel peu salé (0-40 cm). La présence en profondeur d'horizons fortement salés est indiquée par le groupe écologique a. Enfin, à la présence d'horizons à pseudomycélium correspond le groupe c.

Le caractère hydrologique des plaines inondables à alluvionnement actuel se traduit dans ce cas par la présence simultanée des groupes b, c, d.

B. VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES MAL DRAINEES A ALLUVIONNEMENT ACTUEL MOINS IMPORTANT

Parmi les plaines inondables recevant des apports alluvionnaires, les plaines mal drainées constituent le cas le plus fréquent. La station étudiée se situe sur la route Kairouan-M'Saken, dans la plaine de Kairouan (Tunisie du Centre). Dans cette zone, le lit de l'oued Zeroud est très instable et les eaux, à l'époque des faibles crues, s'écoulent entre des petits bancs d'alluvions. Il y a donc là un milieu hétérogène, où on distingue deux éléments : L'élément A, correspondant à la rigole d'écoulement de l'eau et l'élément B, correspondant au sommet du banc d'alluvions, beaucoup moins hygrophile.

Etude de l'élément A : 13. Groupement à *Salicornia arabica*, *Bassia muricata* et *Phragmites communis* var. *isiacus*.

Végétation : relevé n° 3015 du tableau phytosociologique I, effectué le 10 mai 1960.

a) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

b) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 10 et 100 millimhos :

Phragmites communis var. *isiacus* f. *pungens*

c) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Koeleria pubescens ssp. *villosa*
Anacyclus cyrtolepidioides

d) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*
Pholiurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

e) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, et d'une conductivité inférieure à 10 millimhos :

Bassia muricata
Launea resedifolia ssp. *eu-resedifolia*
Trigonella maritima var. *leiosperma*
Lolium rigidum var. *tenua*
Cutandia divaricata
Medicago truncatula var. *narbonensis*

f) Groupe écologique indifférent à la texture caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et aride supérieur :

Melilotus sulcata
Melilotus compacta

g) Groupe écologique messicole, indifférent à la texture dans l'étage aride :

Hedypnois cretica ssp. *polymorpha*
Bupleurum semicompositum
Cynodon Dactylon var. *genuina*

h) Groupe écologique nitrophile indifférent à la texture pour une conductivité allant jusqu'à 40 millimhos dans l'étage aride :

Hordeum murinum
Plantago lagopus
Marrubium Alysson

Dans ce relevé existent aussi *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia*, *Atriplex Halimus* var. *Schweinfurthii*, et *Phalaris canariensis* var. *brachystachys*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan 15 A (Ka 15 A) — date : 2 juin 1960.

Caractères géomorphologiques : plaine inondable à alluvionnement actuel.

Localisation géographique : route de Kairouan à Sousse, feuille Sidi El Hani de la carte d'état-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 525,60; 264,70.

Description.

- 0-25 cm : jaune pâle, (B 72); sable fin limoneux; structure litée, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; sec.
- 25-30 cm : brun clair, (D 54) avec taches jaune rouge, (D 56), de taille moyenne, abondantes, à passage assez progressif; argileux; irrégulièrement polyédrique, net, compact; gaines d'oxydation le long des radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 30-55 cm : jaune pâle, (C 72), avec taches jaune rouge, (D 46), peu abondantes, à passage assez progressif; sable fin limoneux; structure litée, quelques passages d'argile très minces; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; sec.
- 55-90 cm : jaune pâle, (C 72); argileux avec taches jaune rouge; structure litée; pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; sec.
- 90-105 cm : brun; (E 54), avec des taches jaune rouge, (D 46), assez abondantes, de taille moyenne, à passage progressif, des taches grises, (E 90), de sulfures à passage progressif (dégageant une odeur de SH_2 à l'acide chlorhydrique) quelques taches jaune pâle, (C 83). nettement individualisées; argileux; structure diffuse (car humide). effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; quelques radicelles, rhizomes de roseau; frais.
- 105-115 cm : brun clair, (D 54), avec abondantes taches jaunes, (C 66), et grises, (D 90), les grises prédominant sur les taches jaune rouge; structure diffuse (car très humide), effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; quelques racines et radicelles, rhizomes de roseau; très humide.

Plan d'eau salé à 115 cm.

Analyses : voir tableaux 22 et 23, Ka 15 A. .

Interprétation : L'examen des analyses et du profil Ka 15 A, nous montre que les chiffres de conductivité sont très faibles (0-25 cm.) à faibles (25-30 cm.) en surface, beaucoup plus élevés en profondeur; le rapport Na/T est supérieur à 15 à partir du 3^e horizon. L'examen de la répartition par horizons des fractions granulométriques, de même que la répartition du CO_3^{+} Ca dans le profil, nous montre des variations très irrégulières : il s'agit donc nettement d'un sol brut d'apport alluvial, non salé en surface, salé à alcali en profondeur.

L'examen du profil montre l'existence des taches jaune rouge de 25 à 90 cm., et des taches jaune rouge et grises de 90 à 115 cm., (pseudogley puis gley).

Il s'agit donc d'un sol formé de deux horizons, un horizon brut d'apport alluvial non salé, reposant sur un horizon brut d'apport salé à alcali; l'hydromorphie se manifeste en profondeur et dans la partie moyenne du profil; elle est

— temporaire, à taches jaune rouge dans les horizons superficiels;

— permanente à pseudogley et à gley en profondeur.

TABLEAU 23

N° des profils	N° de l'échantillon	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ka 15 A	491	0-25	5	5	12	78	2
	492	25-30	35	44	15	5	3
	493	30-55	3	10	36,5	50	0,5
	494	55-90	54	32	6	1,5	1,5
	495	90-105	53	31	8,5	1,5	1
	496	105-115	36	31	25	60	1
Ka 15 B	2791	0-40	4	5	15	77,5	2,5

Discussion : L'examen du système racinaire nous montre que celui-ci occupe tout le profil. Les corrélations entre le sol et la végétation sont donc totalement valables.

A la tranche de sol faiblement salé et superficiel (de 2,5 à 5,3 millimhos) correspond le groupe écologique (e). Par contre, le groupe écologique (f) est bien représenté, à celui-ci correspond une hydromorphie superficielle faible à moyenne; à l'existence d'une hydromorphie de profondeur moyenne à forte, correspond la présence de (b). Mais étant donné qu'en même temps existent les groupes (e) hydromorphie faible, et (a), nous pouvons dire qu'il y a, quant à la salure, superposition d'horizons peu ou pas salés (0-25 cm., 25-30 cm.) à des horizons salés (au-dessous de 30 cm.) et quant à l'hydromorphie, superposition de 3 types d'hydromorphie différente, dont l'intensité augmente vers le bas : groupes (e), (f), (a).

Les groupes écologiques (a), (b), (c), (d), suffisent à caractériser le facteur écologique lié à des plaines inondables mal drainées, soumises à un apport alluvionnaire actuel.

Etude de l'élément B : 14. Groupement à *Salicornia arabica*, *Basia muricata* et *Tamarix bounopeae*.

Cet élément correspond à la partie haute du banc d'alluvions.

Végétation : relevé n° 3016 du tableau phytosociologique 1, effectué le 15 mai 1960.

a) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie forte et d'alluvions sableuses pour une conductivité très variable :

Tamarix bounopeae

Limoniastrum monopetalum

c) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 70 et 90 millimhos :

Arthrocnemum indicum

d) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Schismus barbatus ssp. *villosa*

Koeleria pubescens ssp. *villosa*

Anacyclus cyrtolopidioides

e) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*

Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

Filago mareotica

f) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, et d'une conductivité inférieure à 10 millimhos :

Bassia muricata
Tigonella maritima var. *leoisperma*
Lolium rigidum var. *tenue*
Stipa retorta
Artemisia campestris ssp. *glutinosa*
Medicago truncatula var. *narbonensis*
Medicago orbicularis var. *typica*

g) Groupe écologique messicole indifférent à la texture dans l'étage aride :

Torilis nodosa f. *bracteosa*
Bupleurum semi compositum
Malva silvestris ssp. *eu-silvestris*
Peganum Harmala
Moricandia arvensis ssp. *suffruticosa*
Cynodon Dactylon var. *genuina*
Medicago turbinata

h) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et aride supérieur :

Melilotus sulcata
Melilotus compacta
Cichorium Intybus ssp. *pumilum*

Dans ce relevé, existent aussi *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia* et *Beta macrocarpa* (espèces faisant partie du groupe écologique caractéristique des plaines inondables bien drainées à texture fine de l'étage aride), leur présence s'explique par une configuration microtopographique particulière (sommet du banc d'alluvions); en outre existent aussi *Atriplex Halimus* var. *Schweinfurthii* et *Hordeum murinum*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan Ka 15 B — date : 2 juin 1960.

Description.

0-40 cm : jaune pâle, (C 72), sable fin limoneux; cohérent plus ou moins lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

Au-dessous, on a les mêmes horizons que dans le profil précédent.

Analyses : voir tableaux 22 et 23, Ka 15 B.

Interprétation : L'examen de la couche de 0 à 40 cm montre que dans le profil Ka 15 B, l'horizon superficiel est plus salé que l'horizon correspondant du profil Ka 15 A; par contre, l'hydromorphie y est beaucoup plus faible (absence des taches jaune rouge); ceci explique la plus grande abondance des groupes (d), (f), (g). La présence de bancs alluviaux sablonneux explique l'existence de (b).

C) CONCLUSIONS

L'étude de la végétation halophile des plaines inondables plus ou moins salées, à alluvionnement actuel important, nous permet d'énoncer les conclusions suivantes : Il existe, dans un tel type de plaine et pour des sols à texture grossière, une combinaison de groupes écologiques qui la caractérise

- Groupe monospécifique à *Tamarix bounopeae*
- Groupe écologique à *Bassia muricata*.

L'existence des couches alluviales crée fréquemment une forte hétérogénéité des milieux salés. Il peut exister ainsi un horizon superficiel, peu, ou non salé, au-dessus d'horizons fortement salés. A cette superposition des milieux très différents correspond la coexistence d'espèces ou de groupes écologiques également très différents. Dans les cas étudiés, il y a coexistence du groupe écologique à *Bassia muricata* (salure très faible) avec *Halocnemum strobilaceum*, indicateur de très forte salure. Ceci vérifie encore la notion précédemment exposée de stratification des milieux halophiles en rapport avec la coexistence dans la même station, d'espèces d'écologie fort différente.

En comparant entre elles les stations étudiées dans ce paragraphe, nous pouvons constater que les sols de la plaine inondable mal drainée à alluvionnement actuel peu important présentent des caractères d'hydromorphie beaucoup plus accusés (pseudogley à gley dans les horizons moyens et profonds du profil Ka 15 A) que les sols de la plaine inondable bien drainée à alluvionnement actuel important (hydromorphie de profondeur à taches). Cette différence d'hydromorphie se traduit par l'apparition dans le premier cas, de *Phragmites communis* var. *isiacus* f. *pungens* dont l'existence, est, comme on l'a vu précédemment, indépendante du taux de sels solubles et en liaison étroite avec une intensité définie de l'hydromorphie.

III. CONCLUSIONS CONCERNANT L'ETUDE DE LA VEGETATION HALOPHILE DES PLAINES INONDABLES

L'étude de la végétation halophile des plaines inondables nous a permis de préciser certaines notions, tant théoriques que pratiques.

A. CONCLUSIONS THEORIQUES

L'examen des relations entre le sol et la végétation montre que trois facteurs au moins jouent un rôle essentiel dans la répartition de la végétation halophile; ce sont : la salure (exprimée par la con-

ductivité), l'hydromorphie et la texture; les deux premiers facteurs permettent de corroborer les résultats hydrologiques lorsqu'il en existe.

1. *Cas de la végétation des plaines inondables bien drainées d'un même étage bioclimatique* : Les sols sont assez souvent salés à alcalis, lessivés, et l'hydromorphie y est toujours temporaire, totale, hétérogène, faible à moyenne en surface (à pseudomycélium gypso-calcaire, à taches, ou à concrétions), assez souvent moyenne en profondeur (à taches ou à horizon marmorisé).

Dans de telles plaines, il semble que les différences d'hydromorphie doivent être surtout attribuées aux différences d'intensité et de fréquence des crues.

2. *Cas de la végétation des plaines inondables mal drainées, d'un même étage bioclimatique*. Plusieurs subdivisions sont à distinguer suivant le degré de salure et l'intensité de l'hydromorphie; cette dernière peut affecter la totalité ou une partie du profil. L'engorgement provient des eaux superficielles ou d'une nappe en profondeur.

Lorsque le sol est fortement salé à alcali, et que l'hydromorphie est totale, mais hétérogène, beaucoup plus forte en profondeur qu'en surface, apparaissent des milieux salés hétérogènes où dominent les groupes écologiques monospécifiques à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*, *Salicornia arabica*, *Arthrocnemum indicum*, *Halocnemum strobilaceum* (voir page 67 et suivantes).

Lorsque le taux des sels solubles est beaucoup plus faible et le caractère marécageux plus accusé, l'engorgement des horizons superficiels est beaucoup plus long : le sol est à hydromorphie totale, hétérogène, beaucoup plus forte en surface qu'en profondeur. La végétation de ce type de plaine inondable se caractérise par la présence de groupements où existe le groupe écologique à *Juncus subulatus* (végétation de type garâa, voir page 64). Une telle végétation n'existe que dans les étages subhumide, et semi-aride supérieur.

Dans le cas de la végétation des plaines inondables mal drainées à alluvionnement actuel, à côté des groupes écologiques définissant la texture et la salure des alluvions, existent toujours des groupes écologiques caractérisant en profondeur des horizons à pseudogley ou à gley, les horizons superficiels étant moins hydromorphe.

3. *A l'intérieur d'une même unité naturelle et pour des conditions écologiques analogues, lorsque les conditions bioclimatiques varient, la végétation change également*. Ainsi, dans le cas de la végétation

des plaines inondables bien drainées, le passage d'un étage bioclimatique (subhumide) à l'autre (aride supérieur) se marque, dans des conditions hydrologiques analogues (zones d'écoulement préférentiel, à hydromorphie faible) par un remplacement du groupe écologique monospécifique à *Festuca elatior* var. *arundinacea* (voir page 29) par le groupe écologique à *Suaeda fruticosa* var. *bre-vifolia*.

Dans le cas de la végétation des plaines inondables mal drainées et salées (donc végétation de type sebkha, voir page 67), nous observons des différences de végétation lorsque l'on passe de l'étage semi-aride, par exemple, à l'étage aride; voyons alors apparaître des groupes écologiques caractéristiques d'un encrûtement gypseux, lui-même dans une large mesure lié au climat.

Comparaison avec les travaux étrangers. — En Algérie, Simonneau (1952) a pu mettre en évidence l'existence d'une sous-association à *Atriplex Halimus* de l'association à *Suaeda fruticosa* et *Sphenopus divaricatus* se développant dans les plaines inondables sublittorales de l'Oranie. De la même manière, il a pu mettre en évidence l'existence de facies et de milieux très variés dans la plaine inondable de Perrégaux (1952).

En Israël, Koller et Tadmor (1957), citant des travaux de Zohary et de ses collaborateurs — (Zohary et Feinbrunn 1951; Zohary et Orshansky, 1949); (Shmueli 1948) — ont pu montrer, sans se référer à des groupements végétaux particuliers, qu'*Atriplex Halimus* se développe dans les oueds et zones inondables des régions recevant de 25 à 250 m/m de pluviométrie. Le sol est humecté jusqu'à 5 mètres par des crues subites et il est bien lessivé de sels; dans les mêmes régions, cette espèce existe également dans des zones salées de la vallée du Jourdain, à plan d'eau proche de la surface en hiver et s'abaissant en été; pendant cette période, la concentration en sels augmente fortement.

Nos conclusions rejoignent celles de Simonneau en ce qui concerne l'importance de la *durée de submersion* dans la répartition de la végétation des plaines inondables mal drainées (qu'elles soient de type garâa, donc à caractères marécageux accentués avec existence du groupe écologique à *Juncus subulatus*, ou de type sebkha, à dominance d'espèces vivaces halophiles).

Par contre, il semble qu'en Tunisie la fréquence des crues joue un rôle important dans la répartition de la végétation des plaines inondables bien drainées de l'étage aride supérieur.

Lorsqu'on essaie de comparer les données obtenues en Tunisie avec celles citées par Koller et Tadmor (1957), on peut constater

une certaine similitude dans la répartition d'*Atriplex Halimus*; mais les taux de salure paraissent plus élevés dans nos groupements que dans la végétation étudiée par ces auteurs; il est possible que cette variation d'écologie puisse se justifier par des écotypes différents.

En résumé, ce qui caractérise essentiellement la végétation des plaines inondables de la Tunisie du Nord et du Centre, c'est la fréquence élevée des milieux hétérogènes. D'autre part, les facteurs qui conditionnent la zonation de la végétation halophile des plaines inondables sont la salure, l'hydromorphie, l'absence ou l'existence d'alluvionnement, la texture.

B. CONCLUSIONS PRATIQUES

1. *Problèmes d'ordre agronomique découlant de l'utilisation de l'alluvionnement.* Un certain nombre d'oueds de la Tunisie du Nord et du Centre (oued Medjerdah, oued Zeroud) ont, en période de crue, un débit solide élevé (91 gr., 5 par litre pour les crues de septembre, les plus chargées, du Zeroud). On a envisagé de provoquer le dépôt de ces matières solides, pour colmater des sols salés.

Ainsi, sous l'impulsion de M. Tixeront, un programme de lutte contre les inondations a été réalisé dans la Basse Vallée de la Medjerdah, à Galaat El Andleuss. En effet, la Medjerdah, à partir de Tebourba jusqu'à son embouchure, présente de nombreux méandres, et les berges de l'oued, dans cette partie du cours, sont plus hautes que les terrains avoisinants. Dans cette zone, les débordements sont fréquents; la hauteur des berges empêche le retour des eaux vers la Medjerdah et provoque ainsi des inondations. Aussi a-t-on adjoint au lit naturel de l'oued un lit artificiel, qui permet de réduire les débordements, en partageant en deux parties le débit initial de la Medjerdah. Ce lit artificiel est bordé de deux digues délimitant une zone où se produit le colmatage des sols salés. Le dépôt a atteint, en moyenne, un mètre et la proximité de la Medjerdah, a permis par irrigation, diverses cultures maraîchères.

Dans des zones où les alluvions déposées par les crues sont plus salées (et c'est le cas des alluvions du Zeroud, plaine de Kairouan, Tunisie du Centre), il n'est pas possible de lessiver les sols par des irrigations; on peut pratiquer des cultures de céréales résistantes au sel. Tel est le cas de la plaine inondable de l'oued Zeroud, où se cultive l'orge, espèce tolérante au sel. La crue s'étale pendant plusieurs jours, et le sol étant assez perméable, l'eau disparaît assez rapidement. Il y a environ 3 crues par an, et c'est la crue de septembre qui est la plus intéressante par sa richesse en débris organiques. Nous avons estimé à 10 centimètres l'apport moyen des sédiments pour la crue de septembre. A condition de pratiquer des levées en terre obliques par rapport au sens de la crue, on peut obtenir

des rendements en orge appréciables. Ainsi, sur une période de 5 ans, les rendements se répartissent de la manière suivante : Pendant les 4 premières années, on obtient 10-15 quintaux d'orge par hectare et par an, ce qui paie les frais et assure un léger bénéfice.

Pendant la 5^e année, la crue est plus forte, et on arrive à obtenir jusqu'à 40 quintaux d'orge. Ces observations s'appliquent à toutes les cultures d'orge par épandage d'eau de crue de la plaine de Kairouan.

2. *Problèmes d'ordre agronomique posés par la mise en valeur pastorale des plaines inondables.* L'appréciation des possibilités pastorales des zones salées a depuis longtemps retenu l'attention des botanistes. Toutefois l'opinion courante assimile souvent les zones salées à un pâturage de faible valeur nutritive. Une mise au point semble donc nécessaire, car la valeur pastorale est en fait très inégale. Si, en effet, la végétation des plaines mal drainées et très salées du type sebkha (où dominent les groupes écologiques monospécifiques à base d'espèces succulentes halophiles) justifient cette opinion, il n'en est pas toujours de même. Ainsi, dans les étages de végétation subhumide et semi-aride supérieur, les groupements où existe *Festuca elatior* var. *arundinacea* (p. 29, p. 57) ont une valeur pastorale élevée. En Algérie on a cherché à développer cette espèce dans les zones salées, Ainsi, Simonneau signale que, par irrigation de certains types de plaines inondables où existe déjà la Fétuque, cette Graminée s'est beaucoup multipliée et a constitué des prairies.

D'autre part, à côté de cette espèce, il existe, en Tunisie de nombreuses espèces de Légumineuses et certaines Graminées, ce qui rejoint des observations de Simonneau (p. 232, 1952) en Algérie.

Les groupements à *Atriplex Halimus* ont également une très bonne valeur pastorale. Cette espèce a, selon Tadmor (1957), une valeur nutritive aussi élevée que la Luzerne. En Tunisie, l'année agricole 1960-61 a été exceptionnellement sèche, et le troupeau ovin a subi des pertes dans certaines régions de la Tunisie (Centre et Sud). Or, selon M. Ben Saïd (Chef du Service de la Production Animale et Végétale du Secrétariat d'Etat à l'Agriculture de Tunisie), le troupeau d'ovins de la région de Kairouan (Tunisie du Centre) n'a été que peu éprouvé, par suite des possibilités pastorales offertes par les zones à *Atriplex* de la région d'El Alem (près de Kairouan). Ceci s'explique par le fait que cette espèce est résistante à la sécheresse et c'est la seule qui se soit développée, cette année, dans ces plaines argileuses.

Un problème de reconversion agronomique s'est posé pour une partie de la plaine d'El Alem (voir page 36) : cette zone autrefois occupée par le groupement à *Atriplex Halimus* var. *Schweinfurthii*

et *Mantisalca Duriaei* var. *tenella*, recevait auparavant des crues assez fréquentes qui permettaient après défrichement, de bons rendements en céréales. Après la création du barrage du Nebâana les crues dans cette zone deviendront beaucoup moins fréquentes (une fois tous les trois ans au lieu de deux fois par an), ce qui interdira toute culture de céréales. Cette partie de la plaine d'El Alem n'est pas incluse dans le système d'irrigation, par les eaux du barrage. Il fallait donc trouver une production agricole pouvant se substituer aux céréales. Une étude (étude Sogetha, Tunis E 64), effectuée avec M. Brochier a montré, que pour une telle fréquence des crues et un sol à texture fine, nous préconisons la régénération de *Atriplex* semé en mélange avec *Hedysarum carnosum*, espèce que l'on trouve déjà dans ces stations.

Dans les plaines inondables de l'étage aride inférieur, à hiver tempéré soumises à des crues irrégulières, se pose le problème de la rentabilité des cultures de céréales. On a tendance, dans la plaine de Kairouan à semer les céréales chaque année sans être sûr d'une récolte satisfaisante; une année sur cinq seulement est bonne et couvre à peu près les frais des autres années. Il serait préférable de délimiter les zones à fréquence des crues maximum où la culture des céréales est rentable : ces zones seraient nettement séparées de celles où les crues ont une fréquence irrégulière ce qui ne permet qu'une utilisation pastorale. On peut songer à y introduire, après multiplication dans des pépinières, certaines variétés d'*Atriplex*, de même que des Graminées du type *salgrass*, tolérantes au sel (jusqu'à 20 millimhos). Ces espèces seraient à essayer dans les plaines inondables où se développent le groupement à *Salsola tetrandra* et *Spergula diandra* où la teneur en sels est voisine du chiffre de tolérance du « saltgrass »

En résumé, c'est seulement dans le cas des plaines inondables bien drainées et peu salées, que l'on peut envisager la possibilité d'une mise en valeur par introduction d'espèces fourragères tolérantes au sel. Dans le cas des plaines inondables plus salées ces possibilités deviennent aléatoires.

TROISIEME PARTIE

VEGETATION HALOPHILE DES DEPRESSIONS FERMEES

VEGETATION HALOPHILE DES DEPRESSIONS FERMEES

I. GENERALITES

Ce chapitre étudie la végétation halophile des dépressions fermées; celles-ci constituent des zones de réception des eaux de ruissellement, et cela, selon H. et G. Termier (p. 123, 1960) quel que soit le climat. Ces eaux peuvent être douces ou salées et stagner plus ou moins longtemps. Ce genre de dépressions existe évidemment dans le monde entier, mais leur étude n'ayant jamais été envisagée à grande échelle, elles portent des noms différents suivant les pays (une dépression fermée constituant un lac salé temporaire avec une croûte salée superficielle pendant la saison sèche porte le nom de *chott* en Tunisie, de *salinas* au Mexique, de *kévîr* en Iran). La terminologie que nous utilisons a donc une valeur purement locale et nous adopterons quoique avec certaines restrictions que nous exposerons par la suite, celle de J. Despois (1955). Cet auteur distingue la *garaâ* d'une part, et les *sebkhas* ou *chotts* d'autre part; la *garaâ* est, selon lui (p. 86, 1955) une zone inondée temporairement par des eaux douces ou peu salées, alors que la *sebkha* est une dépression alimentée par des eaux qui stagnent plus longtemps et qui en s'évaporant déposent les sels sous forme de croûte salée. Toutefois Despois, en se basant sur les données recueillies dans la Tunisie du Centre, a dénommé *chott*, la partie périphérique de la *sebkha*. En réalité, *chott* et *sebkha* constituent deux types de dépressions à caractères voisins, mais cependant distincts. Parmi les éléments qui les différencient, citons la *submersion* qui est plus longue dans la *sebkha* que dans le *chott*; *le plan d'eau* par contre, est constamment proche de la surface chez le *chott*, alors qu'il varie beaucoup plus chez la *sebkha*; *le sol du chott* est beaucoup plus salé que celui de la *sebkha*. Parmi les caractères qui rapprochent ces deux types de dépressions, citons *l'existence de pellicules ou de croûtes salées*, qui, si elles varient en épaisseur, ne diffèrent pas beaucoup dans leur composition chimique (comparez par exemple les N^{os} 2.456, 2.457, 671 du tableau 24 qui représentent des croûtes de *chotts*, avec les analyses N^{os} 1.987, 293, 18 du même tableau, et qui correspondent à des croûtes de *sebkhas*); dans les deux cas, les chlorures prédominent parmi les anions et le sodium parmi les cations. Un autre caractère commun est l'existence d'une déflation éolienne qui s'exerce sur un pseudosable argileux (Tricart, 1954) ou gypseux (Roederer et Bureau, 1960). Dans l'ensemble, il existe entre ces deux dépressions des différences plutôt quantitatives que qualitatives : c'est pourquoi nous étudierons un seul exemple pour ces deux types, celui du *chott*.

TABLEAU 24

Numéros des profils	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé				
							Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l
2.456	surface	210,0	7,9	4,0	1,7	21,6	4.780	3,8	4.000	88,5	611,5
2.457	surface	200,0	8,0	6,4	1,7	24,0	4.800	1,9	4.000	83,5	606,5
671	surface	105,0		4,5	28,8	26,0	1.550	20,0	1.390	200,0	125,0
1.987	surface	185,0	7,4			32,0	3.265	0,4	3.280	120,0	700,0
293	surface	125,0	8,6		4,2	40,0	1.700	3,0	2.025	35,0	300,0
18	surface	110,0	8,0	6,2	16,6		2.700	60,0	3.900		

Outre la végétation du chott, nous étudierons aussi celle d'un autre type de dépression fermée où s'accumulent des eaux beaucoup moins salées et où la durée de submersion est plus longue (garâa).

II. ETUDE DE LA VEGETATION HALOPHILE DES CHOTTS

L'étude de la végétation halophile des chotts a été entreprise depuis longtemps en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Citons les travaux d'Ozenda (1954), Dubuis et Simonneau (1960, Guinochet (1951), Killian (1953), Long (1954), Nègre (1954 et 1960), pour l'Afrique du Nord, ceux de Thomas (1922), Berger-Landefeldt, (1957, 1959) pour la Tripolitaine, Monastir (1937), Tadros (1953), pour l'Egypte, en enfin les études de Zohary et Orhansky (1949), pour Israël. Les caractères essentiels de cette végétation sont donc bien connus. Il en est tout autrement des causes précises conditionnant son apparition et sa zonation. C'est pourquoi nous limiterons ce paragraphe à cette question. Afin de mieux comprendre ce problème, nous nous sommes attachés à étudier à la fois les conditions d'apparition de la végétation (par comparaison du chott nu avec la zone immédiatement périphérique, couverte de végétation) et de zonation (par comparaison de deux localités consécutives). Une étude aussi détaillée est rendue possible par la répartition de la végétation en ceintures très régulières autour des chotts tunisiens.

Les exemples ci-dessous sont les résultats de plus de vingt coupes de végétation effectuées tant en bordure du chott El Guettar qu'en bordure du chott Djerid et du chott Fedjedj, qui sont les chotts les plus importants de la Tunisie du Centre et du Sud.

Afin de choisir l'époque la plus favorable aux prélèvements, un échantillonnage préalable a été nécessaire. En effet, la salure du chott varie au cours de l'année à la fois quantitativement (conductivité en millimhos) et qualitativement (proportions des différents types de sels). Des prélèvements ont été effectués à deux périodes : fin du printemps-début été (mai-juin), automne-hiver (octobre). Les résultats ont montré une accumulation importante des sels solubles (et particulièrement des bicarbonates) à la fin de la première période. C'est donc cette période qui a été choisie comme époque de nos prélèvements, mais il est évident qu'une meilleure représentation des conditions de salure de la station aurait été obtenue en définissant le groupement par l'amplitude correspondant aux chiffres de salure de ces deux époques.

D'autre part, afin de faciliter la comparaison des résultats, nous avons procédé à des études groupées des caractères pédologiques

ou phytosociologiques pour toutes les stations au lieu de les étudier séparément pour chacune des stations.

Au cours de ce paragraphe, nous étudierons les coupes suivantes :

- A. Coupe de Douz N° 1
- B. Coupe de Douz N° 2
- C. Coupe de Negga
- D. Coupe d'Oum Somaâ
- E. Coupe de Seftimi
- F. Coupe de Telmine.

A. COUPE DE DOUZ, N° 1

Nous avons effectué cette coupe dans la région de chott Kébili (région de Kébili, Tunisie du Sud), suivant une ligne allant du bord du chott à la piste Kébili-Douz; cette étude a permis aussi d'apporter quelques précisions sur les conditions de formation des sulfures dans les chotts.

Végétation : Le tableau A nous indique la végétation correspondant aux différents profils étudiés (voir annexe).

Conditions édaphiques : trois profils ont été exécutés; ils correspondent à une zone chotteuse, nue et à deux zones couvertes de végétation.

Zone 1 (chott nu)

Numéro : Ke 45

Date : 20 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,40 gr; 7,39 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-10 cm : gris très foncé, (J 90); sablo-limoneux, odeur d'hydrogène sulfuré à l'acide chlorhydrique; en détail, fins lits de couches noirâtres de 1 mm d'épaisseur et de couches gris-noir; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais.

10-12 cm : jaune-pâle, (J 88), avec liséré jaune-rouge, (D 56), plus ou moins parallèle à la surface et émettant des prolongements en doigt de gant dans l'horizon supérieur noirâtre; à la partie centrale du doigt, on observe une mince galerie

FIG. 5-a



FIG. 5-b

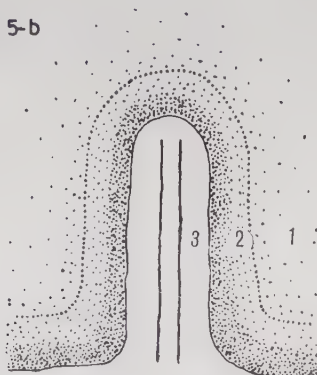


Fig.5. — Schéma représentant un sol de sebkha à sulfures et à hydromorphie superficielle hétérogène (voir coupe de Douz n° 1).

Fig. 5-a : Vue générale de la couche de sulfures bordée par les parties invaginées en doigt de gant.

Fig. 5-b : Détail d'un des doigts de gant montrant :

- 1) la zone à sulfure qui l'entoure
- 2) le liseré jaune rouge;
- 3) la galerie bordée par des parois ferrugineuses.

bordée de deux lignes jaune-rouge (fig.5) et s'arrêtant avant d'atteindre la partie supérieure du doigt de gant; sab'o-limoneux et gypseux à gypse finement microcristallisé; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.

12-20 cm : brun très pâle, (C 54); gypse microcristallisé; particulière lâche; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique, très humide.

Plan d'eau salé à 20 cm.

Zone 2

Numéro : Ke 44

Date : 20 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Douz au 1/100000°.

Coordonnées (en grades) : 37,40 gr; 7,3940 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-10 cm : gris très foncé, (J 90); en détail, alternance de fins lits de couleur noire et de lits de couleur gris-noir; sab'o-limoneux, et gypseux à gypse finement microcristallisé; structure diffuse (car humide); à 9 cm, passage vers une couche sablo-limoneuse brun très pâle, (C 54), avec à la base un mince liséré jaune-rouge, (D 56); celui-ci se raccorde avec les doigts de gant qui existent dans le profil et remontent ici beaucoup plus haut vers la surface, que dans le cas précédent; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; humide.

10-20 cm : brun très pâle, (C 54); gypse microcristallisé; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 20 cm.

Observation : la galerie centrale existe toujours dans le doigt de gant.

Zone 3

Numéro : Ke 46.

Date : 20 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Douz au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,40 gr; 7,3940 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

TABLEAU 25

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					SAR	T Na calculé
									Cl	CO ₃ H	Na	Ca	Mg		
									meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		
Ke 45	362	0-10	90	8	0,46	8		30	1.175	2,5	760	89,0	511,0	43,9	38,0
	1.480	10-20	83	8		6,7		24	1.010	2,5	790	83,5	269,5	59,8	46,3
Ke 44	380	0-10	125	8	0,93	10,9	24,9	32	2.000	8,0	1.344	140,0	430,0	79,8	53,1
	1.461	10-20	110			8,3	29,6	28	1.500	10,0	1.100	130,0	360,0	70,5	50,7
Ke 46	388	0-10	125	8	1,29	6,1	17,0	36	1.900	10,0	1.344	120,0	400,0	83,4	55,1
	371	10-50	105			1,3	26,0	34	1.500	10,0	1.275	120,0	280,0	90,4	57,8
	378	50-65	94	8	1,24	9,1	1,0	38	1.300	12,0	1.010	150,0	240,0	72,2	51,2

Description.

- 0-10 cm : aspect bariolé; en effet, les doigts de gant observés au profil précédent atteignent ici la surface et découpent l'horizon gris très foncé (J 90) en une série de masses de même couleur séparées par des galeries à bordure jaune-rouge (D 56); sablonneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.
- 10-50 cm : gris, (D 10); sablonneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; humide.
- 50-65 cm : brun très pâle, (C 54); sablo-limoneux et gypseux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau à 65 cm.

Observation : les galeries centrales n'existent que dans quelques doigts de gant.

Analyses : voir tableaux 25 et 26.

TABLEAU 26

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ke 45	362	0-10	5	7	27,0	55,0	4,0
	1.480	10-20	3	5	23,0	30,0	35,0
Ke 44	380	0-10	5	12	31,5	41,5	6,0
	1.461	10-20	2	9	20,0	24,0	41,0
Ke 46	388	0-10	8	8	27,5	51,5	1,5
	371	10-50	12	11	31,0	40,0	3,5
	378	50-65	5	12	17,5	63,0	0,5

Interprétation :

Zone 1 : l'examen des analyses nous montre que le sol est très fortement salé, car la conductivité varie entre 90 et 83 millimhos.

Les chlorures, le sodium et le magnésium sont parmi les anions et les cations prédominants, et il y a probablement combinaison sous forme de chlorure de sodium et de chlorure de magnésium. Il existe une mince croûte salée en surface. Le rapport Na/T est élevé, mais comme il s'agit de sols où le taux de gypse est important, le sol n'est pas à alcali.

L'étude du profil nous montre qu'il existe en surface un horizon gris-noir de sulfures ce qui constitue le premier horizon d'hydromorphie; au-dessous existe un liséré jaune-rouge, qui correspond à un second horizon hydromorphe, caractérisant une hydromorphie moins intense que la première. Ainsi le profil présente une hydromorphie superficielle hétérogène (dans ce cas double) d'intensité différente.

En résumé, il s'agit d'un sol de sebkha très fortement salé, à hydromorphie superficielle hétérogène.

Zone 2 : la conductivité, dans le cas du profil Ke 44, varie de 125 à 110 millimhos. Il s'agit donc d'un sol très fortement salé; les mêmes cations prédominent dans la solution du sol. Le rapport Na/T est élevé, mais la fraction gypseuse étant importante, le sol n'est pas à alcali.

L'examen du profil nous montre qu'il existe toujours en surface un horizon gris-noir de sulfures, mais celui-ci est beaucoup plus découpé par les doigts de gant du second horizon; le liséré existe toujours, et il y a, dans le cas de ce profil, une hydromorphie superficielle hétérogène.

En résumé, le groupe écologique monospécifique à *Halocnemum srobilaceum* se développe sur un sol de sebkha très fortement salé, à hydromorphie superficielle hétérogène (à sulfures et liséré jaune-rouge).

Zone 3 : dans le cas du profil Ke 46, la conductivité varie entre 125 et 94 millimhos; le sol est donc très fortement salé. Il existe un gradient d'accumulation des sels solubles, et parmi les cations et anions, nous observons la même prédominance des chlorures, du sodium et du magnésium. Le rapport Na/T est élevé, mais pour les raisons énoncées précédemment (teneur en gypse importante), le sol n'est pas à alcali.

L'étude du profil nous montre une répartition des sulfures par taches et non plus sous forme d'un horizon continu; ces masses sont entourées du liséré jaune-rouge, et, à l'intérieur des doigts de gant, on observe les mêmes galeries que précédemment. Il s'a-

git donc d'un sol de sebkha, très fortement salé, à hydromorphie superficielle, hétérogène.

Conditions d'apparition des sulfures : Lorsqu'on décape la surface du chott de la croûte saline qui la recouvre, on constate dans le cas du profil Ke 46, que les sulfures se présentent sous forme de taches noires irrégulières, entre lesquelles existent des zones jaunes sans sulfures; le sol n'est pas tassé et présente fréquemment des boursofflures, alors que dans les zones avec sulfures, le sol est tassé sans lacunes. Une observation que nous avons faite, est que le sol est plus sec dans les zones sans sulfures. Il semble donc qu'un certain tassement du sol de la sebkha et un certain taux d'humidité favorisent l'apparition des sulfures.

Conclusions : facteurs déterminant l'apparition et la zonation de la végétation. — L'apparition de la végétation (et ceci se voit par comparaison des profils Ke 44 et Ke 45) résulte d'une diminution de l'hydromorphie et d'une augmentation de la conductivité. La zonation de la végétation (et ceci se voit par comparaison des profils Ke 44 et Ke 46) résulte d'une diminution de l'hydromorphie sans différences sensibles de conductivité entre les deux stations.

Il nous paraît nécessaire de préciser les causes de l'augmentation de conductivité des points où existe la végétation (Ke 44 et Ke 46) par rapport à la zone sans végétation (Ke 45) où la conductivité est plus faible. Dans les trois profils, le plan d'eau est proche de la surface et l'évaporation à partir du sol nu est donc sensiblement la même; par contre, dans les zones couvertes par la végétation, il y a une consommation accrue de l'eau par transpiration, et par conséquent concentration plus élevée des solutions salées.

B. COUPE DE DOUZ, N° 2

Cette coupe a été réalisée au chott Kébili suivant une ligne partant du chott et aboutissant à la piste Kébili-Douz, au voisinage de l'oasis de Djemna (région de Kébili).

Végétation : Le tableau A nous renseigne sur la répartition de la végétation (voir annexe).

Conditions édaphiques.

Zone 1

Numéro : Ke 80; date : 22 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Douz au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 7,3950 gr.; 37,3830 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

TABLEAU 27

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na calculé L
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
Ke 80	27 K	0- 60	74,0	8,3	0,31	7,0	3,1	30,0	875,0	10,0	830	73,5	139,0	83,0	49,5
	386	60-100	74,0	8,0		22,6	0,5	48,0	1.025,0	10,0	790	73,5	205,0	66,9	49,5
Ke 81	602	0- 20	96,0	8,0	0,41	17,0	5,1	40,0	1.300,0	10,0	1.150	76,0	145,0	109,5	62,0
	2.569	20- 90	42,5			8,7	0,6	32,0	430,0	1,5	380	49,5	88,0	46,3	35,0

Description.

0-60 cm : brun très pâle, (C 54); limoneux; polyédrique irrégulier; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée, racines et radicelles; frais à humide.

60-100 cm : brun très pâle, (C 54); limoneux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 100 m.

Zone 2

Numéro : Ke 81; date : 22 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Douz au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 3,3950 gr.; 37,3820 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

Cette coupe a été effectuée à l'île de Negga, voisine de l'oasis de Telmine (Chott Djérid, Tunisie du Sud).

Description.

0-20 cm : jaune pâle, (C 72); sablonneux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; racines et radicelles; frais à humide.

20-90 cm : olive-pâle, (E 83), avec grandes taches jaune-rouge, (C 56), nettement individualisées; sable fin et gypseux; structure diffuse; (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; quelques racines et radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 90 cm.

Analyses : voir tableau 27.

Interprétation : l'étude des analyses nous montre qu'il s'agit dans les deux cas de sols très fortement salés à alcali, avec des traces d'hydromorphie ancienne (taches jaune-rouge nettement individualisées) à laquelle se superpose une hydromorphie actuelle (taches jaune-rouge à passage progressif). Il s'agit donc d'un sol hydromorphe, héritier, monophasé (Gèze, 1959).

Conclusions : *Facteurs déterminant la zonation de la végétation.* — La comparaison des analyses nous permet de préciser les conditions de zonation de la végétation : (a), d'une station à l'autre, la conductivité augmente dans l'horizon racinaire, qui est de 0 à 60 cm pour le premier profil et de 0 à 90 cm pour le se-

cond; (b), le plan d'eau ne varie presque pas; (c), la teneur en bicarbonates solubles varie peu

Ainsi dans le cas de la coupe Douz 2, la zonation de la végétation paraît être surtout liée à une augmentation de la conductivité, les autres facteurs ne variant sensiblement pas.

C. COUPE DE NEGGA

Végétation : Le tableau A nous montre la répartition de la végétation (voir annexe).

Conditions édaphiques.

Zone 1

Numéro : Ke 23; date : 20 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 7,2230 gr.; 37,5040 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-3 cm : gris, (D 90); sable fin limoneux et gypseux, dégageant de l'hydrogène sulfuré à l'acide chlorhydrique; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines, ni radicelles; humide.

3-30 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; très humide.

Plan d'eau salé à 30 cm.

Zone 2

Numéro : Ke 24; date : 20 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100.000°.

Coordonnées en grades : 7,2230 gr. 37,5040 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-15 cm : brun très pâle, (C 54), avec trainées grises, (E 90), de sulfures par endroits; sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; frais à humide.

15-55 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin et gypseux avec minces lits gypseux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; humide

TABEAU 28

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé				Na + T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
Ke 23	448	0- 3	135,0	7,6	1,44	9,4	18,0	30	2.100	13,0	50,0	940,0	50,5
	174	3- 30	115,0	7,8	0,93	10,6	26,8	32	1.700	16,0	80,0	660,0	49,0
Ke 24	1.500	0- 15	145,0	7,8	1,60	7,2	18,9	34	2.700	16,0	70,0	1.090	52,5
	334	15- 55	74,0			7,2	22,7	30	1.000	14,0	90,0	270,0	43,0
	333	55- 65	51,6	7,9	0,87	19,1	1,7	72	650	8,0	65,0	190,0	36,1
Ke 25	544	0- 40	22,5	8,2	0,62	5,5	27,4	28	184	11,0	45,0	29,0	32,0
	543	40-120	38,5			10,6	1,4	40	375	1,5	63,5	106,5	27,5
	Ras Kelb		24,0		0,56	49,8	0,8	32	218	0,4	46,5	65,0	33,0

55-65 cm : olive pâle, (E 83); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne; racines et radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 65 cm

Zone 3

Numéro : Ke 25; date : 20 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 7,2230 gr.; 37,60 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-40 cm : jaune-pâle, (C 82); sable fin et gypseux; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à courte; racines et radicelles; frais à humide.

40-120 cm : brun très pâle, (C 54); sablo-limoneux; structure diffuse (car très humide), avec Ras Kelb peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide à très humide.

Plan d'eau salé à 120 cm.

Analyses : voir tableau 28.

Interprétation : L'étude des analyses nous montre dans les deux profils un sol très fortement salé, le dernier est salé (sauf pour un des horizons); le rapport Na/T est relevé, mais la présence de gypse permet de considérer ce sol comme non à alcali. Ces sols sont donc, soit très fortement salés, soit salés.

L'examen des profils nous montre que l'intensité de l'hydromorphie (marquée par l'amincissement et la fragmentation de la couche de sulfures, et un plan d'eau plus profond), décroît de la Zone 1 à la Zone 2.

Conclusions : Facteurs déterminant l'apparition et la zonation de la végétation.

1. Conditions d'apparition de la végétation : L'étude comparée des profils Ke 23 (sans végétation), et Ke 24 (avec végétation) nous permet de préciser les conditions d'apparition de la végétation : (a) l'intensité de l'hydromorphie diminue; (b) la conductivité diminue fortement; (c) la teneur en bicarbonates solubles ne varie pas.

2. Conditions de zonation de la végétation : l'étude comparée des profils Ke 24 et Ke 25 nous montre que la zonation de la végétation est liée à : (a) une diminution de l'hydromorphie; (b) une diminution forte de la conductivité et des bicarbonates solubles.

Ainsi, dans le cas de la coupe de Negga, l'apparition de la végétation est surtout liée à une diminution importante de l'hydromorphie et de la conductivité, sans que la teneur en bicarbonates solubles varie de manière appréciable. Par contre, la zonation de la végétation est liée à une diminution progressive de l'intensité de l'hydromorphie, de la conductivité, et du taux de bicarbonates solubles.

D. COUPE D'OUM SOMAA

Dans cette coupe, nous étudions la zonation de la végétation dans la presqu'île de Kébili suivant une ligne droite allant de l'oasis d'Oum Somaâ au chott Djerid. Par suite du nombre élevé de stations, nous avons groupé en rubriques distinctes (végétation, profil), les résultats se rapportant à toutes les stations.

Végétation : Le tableau B nous montre la répartition de la végétation depuis le bord du chott jusqu'à l'intérieur de la presqu'île (voir annexe).

Conditions édaphiques

Profil O S 1

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100000^e.

Coordonnées en grades : 37,60 gr.; 7, 1950 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Date : 18 mai 1961.

Description.

- 0-24 cm : brun-pâle, (C 61); sable fin limoneux et gypseux, en minces lits alternant avec lits plus épais de gypse sableux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; racines et radicelles abondantes; frais.
- 24-60 cm : brun-pâle (C 61); limoneux et gypseux, à gypse de forme lenticulaire très abondant; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines, ni radicelles; très humide.
- 60-90 cm : brun très pâle, (C 54), limoneux et gypseux, à gypse de forme lenticulaire très abondant, structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 90 cm.

Profil O S 2

Date : 18 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100000^e.

Coordonnées en grades : 37, 5830 gr. ; 7,1950 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

- 0-20 cm : brun très pâle, (C 54); gypse sableux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; racines et radicelles; sec.
- 20-25 cm : brun très pâle, (C 54); gypse sableux; grumeleux; légère effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines, ni radicelles; frais.
- 25-50 cm : jaune-pâle, (C 82); gypse sableux; grumeleux; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines, ni radicelles; frais.
- 50-75 cm : brun très pâle, (C 54); limoneux et gypseux, pétri de roses de sables; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 75 cm.

Profil 0 S 3

Date : 18 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,5930 gr.; 7,1950 gr.

Description.

- 0-20 cm : brun très pâle, (C 62); gypse sableux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; racines et radicelles; sec.
- 20-50 cm : brun très pâle, (C 62); gypse sableux; particulière lâche; légère effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines, ni radicelles; frais.
- 50-60 cm : brun très pâle, (C 62); cohérent plus ou moins lâche; sablonneux et gypseux à gypse sous forme d'abondants petits disques; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines, ni radicelles; frais.
- 60-80 cm : jaune-pâle, (C 84); sablonneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines, ni radicelles; humide.
- 80-100 cm : brun très pâle, (C 62); gypse sableux; cohérent plus ou moins lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 100 cm.

TABEAU 29

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	Hd	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					S A R	Na — T calculé
									Cl	CO ₃ H	Na	Ca	Mg		
									meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		
OS 1	10 K	efflor	170,0	7,8	2,01	3,5	41,6	32	4.820	26,0	4.175	40,0	1.194	167,6	71,2
	2 K	0- 24	80,0	7,8	0,25	3,0	27,6	32	1.000	10,0	910	60,0	220,0	77,1	53,0
	379	24- 60	145,0		0,77	3,0	34,8	36	2.200	8,0	2.025	80,0	430,0	126,5	65,0
	4 K	60- 90	170,0	7,5	1,03	2,6	3,5	50	3.100	36,0	2.645	70,0	706,0	134,2	66,5
OS 2															
	16 K	efflor	158,0		2,89	0,9	23,6	26	4.600	20,0	3.000	150,0	2.050	63,8	47,5
	1 K	0- 20	80,0	8,2	0,36	1,7	40,6	38	916	1,2	470	150,0	350,0	44,3	39,0
	372	20- 25	54,0			1,7	43,9	38	562	1,0	700	100,0	150,0	41,6	37,5
	373	25- 50	50,0	8,2	0,10	0,8	38,9	40	520	1,4	390	150,0	150,0	31,7	31,2
	374	50- 75	80,0			0,8	13,6	52	916	1,6	660	150,0	300,0	44,0	38,9
OS 3															
	5 K	efflor	165,0			2,2	30,9	24	4.309	40,0	3.625		1.700	124,6	70
	17 K	0- 20	20,5	8,6		3,9	37,4	34	161	1,3	16,5	39,5	57,0	24,0	25,5
	23 K	20- 50	20,0			6,5	38,2	36	159	1,0	115,0	32,0	86,5	15,1	17,1
	364	50- 60	21,5	8,2	0,62	3,0	41	32	179	1,0	125,0	43,5	103,5	14,7	16,7
	365	60- 80	35,5			2,6	41,5	32	345	2,0	265,0	52,0	129,0	29,0	29,0
	360	80-100	45,5	7,8	0,77	5,6	39,3	36	450	2,0	320,0	43,5	198,5	27,8	29,5

TABLEAU 30

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl	CO ₃ H	Na	Ca	Mg	
									meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	
OS 4	22 K	0- 10	38,5	8,0	0,31	2,2	39,7	30	335	2,0	300,0	31	157,0	31,0
	18 K	10-100	18,5			2,2	32,7	28	141	1,4	120,0	35	62,0	19,4
	12 K	100-110	12,5	8,4	0,51	3,0	30,7	28	87	1,2	60,0	32	41,5	11,0
OS 5	198	0- 20	18,5	8,2	0,62	1,3	30,7	28	127	1,5	92,5	28	56,5	16,2
	376	20- 60	41,0			4,3	37,2	38	52	1,1	350,0	26	158,0	34,5
	176	60-110	8,2			5,5	33,5	38	404	1,0	40,5	15	43,5	8,9
	2.719	110-130	9,6	8,2	0,36	9,4	34,2	36	60	0,9	55,0	15	47,0	

Profil O S 4

Date : 18 mars 1960.

Localisation géographique : feuille Mennchia au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,57 gr.; 7,1950 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-10 cm : jaune pâle, (C 84); sable fin; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

10-100 cm : jaune-pâle, (C 84); gypse sableux; particulière lâche; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; racines et radicelles; frais.

100-110 cm : jaune-pâle, (C 84); limoneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 110 cm.

Profil O S 5

Coordonnées en grades : 37,50 gr.; 7,1950 gr.

Description

0-20 cm : jaune-pâle, (C 84); sableux; structure diffuse; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; racines et radicelles, sec.

20-60 cm : brun très pâle, (C 62); limono-sableux; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; racines et radicelles; sec.

60-110 cm : brun très pâle, (C 62); sable gypseux; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; frais.

110-130 cm : brun très pâle, (C 62); gypseux; structure diffuse, très compacte, se débitant en éclats aigüs, sans microporosité; gypse finement microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; frais à humide.

Plan d'eau salé à 130 cm.

Analyses : voir tableaux 29 et 30.

Interprétation : L'interprétation ne sera pas effectuée isolément pour chaque localité, mais simultanément pour toutes. Ainsi

— la comparaison des localités O S 1 et O S 2 nous permet de préciser les conditions d'apparition de la végétation

— la comparaison des localités O S 1 et O S 2 avec O S 3, O S 4, O S 5, nous permet de préciser les conditions de zonation.

1. Comparaison des localités OS 1 et OS 2 : dans les deux cas, il s'agit de sols très fortement salés, à accumulation de sels solubles en surface (sols de sebkhas). En outre, les teneurs en sulfates (sous forme de gypse) sont fortes alors que les teneurs en $\text{Co}^3 \text{Ca}$ sont faibles mais la conductivité de même que la teneur en bicarbonates solubles est beaucoup plus forte en OS 1 (80 à 170 millimhos) qu'en OS 2 (en moyenne 80 millimhos); le plan d'eau, en l'absence de tout autre caractère indiquant l'engorgement, se situe plus bas.

2. Comparaison des localités OS 2, OS 3, OS 4 et OS 5 : les chiffres de conductivité diminuent régulièrement d'une localité à l'autre; les teneurs en sulfates sont plus fortes dans les deux premiers profils, alors que la teneur en $\text{Co}^3 \text{Ca}$ augmente légèrement.

Dans tous les cas, il s'agit de sols très fortement salés, de sebkha.

Conclusions : Facteurs conditionnant l'apparition et la zonation de la végétation. — La comparaison de ces différents résultats nous montre que dans le cas de la coupe d'Oum Somaâ :

1. L'apparition de la végétation halophile est liée à une forte diminution de la conductivité et de la teneur en bicarbonates solubles, ainsi qu'à un abaissement du plan d'eau.

2. La zonation de la végétation est en rapport avec une diminution de la conductivité, de l'hydromorphie et la présence ou l'absence d'un encroûtement gypseux.

E .COUPE DE SEFTIMI

L'oasis de Seftimi se situe en bordure du chott Fedjedj; une coupe y a été étudiée.

Végétation : voir le Tableau B (voir annexe).

Conditions édaphiques.

Profil S 1 (zone nue sans végétation).

Date : 30 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili au 1/100.000°.

Coordonnées en grades : 37,5930 gr.; 7,4330 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-2 cm : croûte salée.

2-15 cm : brun très pâle, (C 63); sable fin et gypseux; particulaire lâche; par places, mince lit de sulfures (dégageant de l'hydrogène sulfuré sous l'action de l'acide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

15-35 cm : stratification de minces couches de gypse sableux blanc, (A 10), et de minces couches de sable fin un peu plus limoneux, brun très pâle, (C 63); particulière lâche pour les couches de gypse sableux, grumeleux pour les couches de sable fin; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée, pas d'effervescence pour le gypse sableux; racines et radicelles; frais à humide.

35-50 cm : blanc, (A 10); gypse sableux; structure diffuse, avec passage de sable gypseux, jaune-pâle, (J 88) à structure particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; très humide.

plan d'eau salé à 50 cm.

Observation : les taches de sulfures ne se forment en surface que dans les endroits où le sable est plus compact.

Profil S 2

Date : 30 mai 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,5920 gr.; 7,4320 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-2 cm : croûte salée.

2-10 brun très pâle, (B 52); gypse sableux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; racines et radicelles; sec.

10-40 cm : stratification de minces couches de gypse sableux, brun très pâle, (B 52), particulière lâche, avec dans la masse des petits disques de gypse, blancs, (A 10), et des couches peu épaisses de sable légèrement limoneux, brun-pâle, (C 61); grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle pour le gypse sableux; effervescence faible, modérée, pour le sable légèrement limoneux; racines et radicelles; sec.

40-55 cm : brun très pâle; gypseux à gypse finement microcristallisé avec un passage à la base de l'horizon vers une couche de gypse microcristallisé, blanc, (A 10); structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique un peu plus forte; ni racines, ni radicelles; humide à très humide.

Plan d'eau salé à 55 cm.

Profil S 3

Date : 2 juin 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili de la carte au 1/100000°

Coordonnées en grades : 37,5910 gr.; 7,4310 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

la surface du sol est formée par une alternance de zones de gypse sableux, blanc, (A 10), particulière lâche, s'accumulant en nebkhas, et de zones de sable gypseux, brun-clair (D 54), plus fin et plus compact, recouvert d'une mince croûte saline.

0-10 cm : brun-pâle, (C 61); sable fin et gypseux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.

10-20 cm : brun-pâle, (C 61); sable fin et gypseux; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines et racelles; sec.

20-50 cm : brun très pâle, (B 52); sable fin limoneux; structure diffuse; passage à la base de cet horizon à une couche de gypse saccharoïde; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; racines et racelles; frais.

50-60 cm : brun très pâle, (B 52); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse; à la base de cet horizon, passage à une couche de gypse saccharoïde, compacte, se débitant par éclats aigüis; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines, ni racelles; humide.

60-90 cm : brun très pâle, (B 52); limoneux et gypseux; structure diffuse (car très humide), compacte, se débitant par éclats aigüis; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines, ni racelles; très humide.

Plan d'eau salé à 90 cm.

Profil S 4

Date : 3 juin 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili au 1/100000°.

Coordonnée en grades : 37,5910 gr.; 7,4335 gr.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Description.

0-10 cm : brun très pâle, (C 62); sablonneux et gypseux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, courte; racelles; sec.

10-15 cm : brun très pâle, (C 62); gypse saccharoïde; structure diffuse, compacte, tendant à se déliter en éclats; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; racines et racelles; sec.

15-30 cm : brun-pâle, (C 61); limoneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; horizon d'abondance maximum des racines et racelles; sec.

TABEAU 31

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl	CO ₂ H	Na	Ca	Mg	
									meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	
S 1	561	efflor	190,0	8,3	2,22	2,3	27,9	25	4.400	40,0	3.800	300,0	650,0	70
	652	2-15	105,0		0,46	3,6	36,5	24	1.400	15,0	1.190	200,0	300,0	52,3
	653	15-35	39,0	8,6	0,25	1,3	27,2	26	380	1,5	350	69,0	54,0	39,2
	654	35-50	53,0			17,3	26,9	22	555	1,5	510	76,5	82,5	45,5
S 2	660	efflor	175,0	8,2	0,56	3,2	29,6	26	3.400	40,0	2.750	350,0	650,0	31,0
	661	2-10	27,5	8,3		0,9	24,7	24	250	1,5	225	53,0	51,0	65,0
	662	10-40	19,0			1,3	25,9	20	153	1,3	160	27,0	27,0	27,5
	559	40-55	45,5	8,6	0,36	6,4	23,8	26	470	2,5	380	78,0	78,0	39,0
S 3	671	efflor	105,0			4,5	28,8	22	1.550	20,0	1.390	200,0	126,0	61,5
	656	efflor	145,0	8,2		2,3	27,9	24	3.200	40,0	1.450	400,0	250,0	52,5
	655	0-10	40,0	8,	0,46	1,8	29,0	30	325	1,5	355	53,0	33,0	44,5
	657	10-20	40,0			1,8	30,1	28	430	1,5	415	63,0	56,0	44,0
	658	20-50	64,0	8,4	0,41	5,2	20,1	36	800	20,0	675	200,0	50,0	47,0
	668	50-60	36,5			0,9	25,5		365	2,0	320	58,5	55,0	38,0

TABEAU 32

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
S 3	666	60- 90	24,0	8,3	0,15	1,7	25,9	34	220	1,0	170	63,0	41,0	25,0
	680	efflor	27,5			2,2	36,6	28	245	1,5	225	50,0	80,0	26,5
S 4	673	0- 10	48,0	8,2	0,41	5,2	20,3	24	495	1,5	415	84,5	67,5	41,0
	674	10- 15	29,5			2,6	22	24	245	2,5	265	41,0	32,5	38,5
	675	15- 30	36,5	8,2	0,98	9,6	7	40	335	2,0	350	45,5	39,5	43,8
	676	30- 35	22,0			3,0	34,7	28	185	2,0	200	43,5	34,5	31,6
	678	35- 50	27,5			0,4	38,8	40	240	2,0	265	45,0	43,5	36,5
	679	50-120	29,5	8,3	0,41	2,6	47,9	34	265	2,0	290	58,5	30,0	39,0

30-35 cm : brun très pâle, (C 62); gypse saccharoïde; grossièrement polyédrique; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; ni racines ni radicelles; faris.

35-50 cm : brun-pâle, (C 61); limoneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.

50-120 cm : brun très pâle, (C 62); limoneux et gypseux; structure diffuse, devenant plus compacte vers le bas; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, mais prolongée; ni racines, ni radicelles; très humide.

plan d'eau salé à 120 cm.

Analyses : voir tableaux 31 et 32.

Interprétation : 1. Comparaison de S 1 et S 2 : l'examen des analyses de S 1 et S 2 nous montre que

— la conductivité des profils est inégale, plus forte pour S 1 que pour S 2; les deux sols sont très fortement salés, à rapport Na/T élevé; mais la présence de gypse en assez forte quantité permet de considérer ces sols comme non à alcalis. Les teneurs en gypse (exprimées en sulfates et en carbonate de calcium sont sensiblement les mêmes. *Ce sont donc des sols très fortement salés de sebkha.*

— l'étude des deux profils nous indique d'assez grandes similitudes pédologiques. Il existe un horizon superficiel de gypse sableux ou de sable fin gypseux, un horizon moyen à couches alternées de gypse sableux et de sable fin, les horizons profonds sont différents, mais comme ils ne sont pas exploités par les racines cela ne présente pas une importance écologique.

L'existence de *Halocnemum strobilaceum* et d'*Arthrocnemum indicum* indique la présence d'un profil très fortement salé de *sebkha*.

En outre, apparaissent dans la seconde localité *Limoniastrum guyonianum* et *Zygophyllum album*. Or, les seules différences entre S 1 et S 2 sont la conductivité et la teneur en bicarbonates solubles; la teneur en gypse, son aspect morphologique, la compacité des horizons est semblable dans les deux profils. Pour que ces deux espèces gypsophiles puissent se développer, deux facteurs sont donc nécessaires

— l'existence d'un sol dont la salure se situe au dessous d'une certaine valeur limite; au dessus de cette limite, le facteur écologique lié au gypse n'est plus indiqué par la végétation;

— un profil caractérisé par la présence de gypse sous forme friable dans l'horizon radiculaire.

2. Comparaison de S 3 et S 4 : l'examen des analyses des profils S 3 et S 4 nous montre que

a) la conductivité des profils est plus forte en S 3, qu'en S 4. Les chlorures, le sodium, le magnésium sont les anions et cations prédominants; le profil S 3 est donc fortement salé, alors que S 4 est fortement salé dans les horizons superficiels, salé dans les horizons moyens et profonds. Le rapport Na/T suit les mêmes variations. L'existence d'*Arthrocnemum indicum* et de *Halocnemum strobilaceum* indique un horizon plus ou moins salé.

b) l'étude morphologique des deux profils fait ressortir des analogies assez grandes. En effet, on distingue de 0 à 50 cm., un horizon sablonneux et gypseux, auquel est lié le groupe écologique des sables gypseux et salés (l'horizon sablonneux étant superposé à l'horizon gypseux) : *Zygophyllum album*, *Lygaeum spartum*. Dans le profil S 3, existe un horizon de gypse sacharoïde compact (de 50 à 60 cm.) auquel correspond l'existence de *Limonium pruinatum* ssp. *Allezeii*. De 50 cm. au plan d'eau existe un horizon limoneux et gypseux, friable, auquel est lié le groupe écologique à *Frankeia thymifolia* et *Halimione portulacoides* var. *appendiculata*.

Conclusions : Facteurs déterminant la zonation de la végétation.

Les facteurs qui définissent la zonation de la végétation sont :

— Une diminution progressive de la conductivité; ce n'est qu'au dessous d'un certain taux de sels solubles, qu'apparaît le groupe écologique caractéristique du gypse.

— Lorsque les chiffres de conductivité sont peu élevés, c'est surtout la présence ou l'absence d'un encroûtement gypseux qui conditionne la zonation, et le taux de sels solubles varie peu d'une station à l'autre

F. COUPE DE TELMINE

L'oasis de Telmine est située sur la piste Kébili-Tozeur, et la zonation que nous y avons étudiée présente un intérêt tant pédologique que phytosociologique; c'est là qu'existe un encroûtement particulier, formé de gypse finement microcristallisé (où *terch*) C'est également dans ce cas que nous montrerons un exemple de masquage d'un caractère pédologique.

Végétation : relevé n° 1129 du tableau phytosociologique 6, effectué le 15 août 1960.

Localité 1 (la plus éloignée du chott).

a) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'encroûtement gypseux finement microcristallisé, compact, pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les horizons moyens et profonds du profil et les étages aride inférieur et saharien :

Nitraria retusa

TABLEAU 33

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					S A R	Na T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
Ke 64	65 B	0- 5	105,0	8,6	1,9	9,06	23,9	36	1.175	5,6	1.325,0	112,0	1.078,0	54,5	44,5	0,04	1,0
	389	5- 20	90,0			18,04	31,8	42	965		750,0	40,0	495,0	46,0	40,0	0	0,6
	2.461	20- 28	56,0	8,8	1,03	24,8	25,9	44	535	1,3	550,0	32,0	204,0	50,9	42,7		
	360	28- 35	52,0			23,7	27,3	44	505	1,6	500,0	35,0	174,0	49,6	41,8		
	2.789	35- 40	26,0	8,2	0,72	18,7	33,9	42	210	1,1	200,0	39,0	70,0	27,4	28,0	0	0,5
	523	40- 55	15,5			6,7	35,6	34	105	1,0	92,5	31,0	48,0	14,9	16,9	0	0,35
	54 D	55- 65	12,0	8,2	0,20	4,2	39,2	34	70	1,3	63,75	22,0	45,0	11,2	12,7		
	2.788	65- 85	11,5			2,9	35,8	34	75	1,9	70,0	24,0	48,0	11,7	13,5		
	2.455	85-115	10,5	8,0	0,15	4,2	42,4	34	69	1,2	60,0	40,0	32,0	10,0	11,2	0,07	1,6
	2.463	115-137	12,0	8,0	0,051	6,7	36,0	39	69	1,3	52,5	39,5	37,5	8,5	10,0		
1.481	137-143	18,5	7,9	0,051	2,9	34,1	38	184	1,3	135,0	49,5	46,5	19,7	21,8			

TABEAU 34

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
Ke 66	1.480	0- 5	115	8,2	0,83	2,4	24,4	28	1.380	1,0	1.200	51	664	47,7
	1.990	5- 25	84			1,6	23,7	28	910	0,9	875	36	320	48,8
	2.785	25- 30	81	8,5	0,25	5,2	31,8	30	995	1,0	825	39		48,0
	2.724	30- 85	84			3,1	25,3	36	895	1,1	825	39	312	47,4
	1.417	85-115	84	8,6	0,15	14,6	32,8	34	930	1,2		24	347	46,7
	1.818	115-137	71			2,3	29,3	28	730	1,2	700	32	264	45,9
	1.500	137-143	84			3,8	32,3	30	885	1,1	825	32	317	47,4

TABLEAU 35

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables gros- siers
Ke 64							
	65 B	0- 5	8	14	20,0	38,5	2,5
	389	5- 20	7	28	17,5	30,0	15,0
	2.461	20- 28	7	26	14,0	37,0	19,0
	360	28- 35	10	17	22,5	32,5	5,0
	2.789	35- 40	10	9	20,0	33,5	12,5
	523	40- 55	9	6	10,0	41,5	16,0
	54 D	55- 65	10	5	12,5	30,0	25,0
	2.788	65-85	5	6	11,0	34,0	26,0
	2.455	85-115	7	6	12,5	27,5	30,0
	2.463	115-137	8	5	12,5	40,0	20,0
	1.481	137-143	7	5	7,5	37,5	27,5

TABLEAU 36

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables gros- siers
Ke 66							
	1.480	0- 5	9	9	22,5	45,0	15
	1.990	5- 25	8	7	15,0	52,5	12
	2.785	25- 30	10	8	12,5	40,0	10
	2.724	30- 85	12	4	4,0	43,0	12
	1.417	85-115	11	5	10,0	34,5	
	1.818	115-137	6	6	20,0	36,0	34
	1.500	137-143	8	5	20,0	32,5	35

b) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 70 et 90 millimhos (dans les étages arides et saharien) :

Arthrocnemum indicum

Le degré de recouvrement de la végétation ne dépasse pas 50 pour 100.

Dans la région de Telmine (où nous avons effectué ce relevé) existe une différentielle locale de l'encroûtement gypseux, qui est *Cressa cretica*; dans notre relevé existe aussi *Juncus maritimus*.

Localité 2

Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 90 et 130 millimhos (dans les étages arides et saharien) :

Halocnemum strobilaceum

Le degré de recouvrement ne dépasse pas 40 pour 100.

Conditions édaphiques.

Localité 1

Numéro : Kébili 64 (Ke 64); — date : 15 août 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,46 gr.; 7,3130 gr.

Caractères géomorphologiques : Bord du chott.

Description.

0-5 cm : brun jaune, (D 63); sable fin et gypseux à gypse finement microcristallisé; grumeleux, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles, frais.

5-20 cm : brun très pâle, (C 63), avec mouchetures jaune-pâle, (C 82); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse, microporosité faible; petites poches d'accumulation de gypse microcristallisé assez abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; frais.

20-28 cm : brun très pâle, (C 63), avec mouchetures jaune-pâle (C 82) moins abondantes; sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; racines et radicelles; frais à humide.

28-35 cm : brun très pâle, (B 63); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse, microporosité faible, compact; gypse finement microcristallisé, petites poches d'accumulation à gypse microcristallisé peu abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; racines et radicelles; frais à humide.

- 35-40 cm : brun très pâle, (A 62); limoneux et gypseux; structure diffuse, très compacte, se débitant par éclats, pas de microporosité; gypse finement microcristallisé sous forme de petites poches d'accumulation peu abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais à humide.
- 40-55 cm : brun très pâle, (C 63); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse, à gypse finement microcristallisé, avec quelques indurations de même couleur; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais à humide.
- 55-65 cm : brun très pâle, (B 63); sable fin limoneux et gypseux, à gypse finement microcristallisé, petites indurations gypseuses de même type, microporosité faible; racines et radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, courte; frais à humide.
- 65-85 cm : brun très pâle, (C 63), avec mouchetures augmentant vers le bas de l'horizon, gypse microcristallisé, irrégulièrement grumeleux; petites indurations du même gypse, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, courte; ni racines, ni radicelles; frais à humide.
- 85-115 cm : jaune très pâle, (B 61), avec taches brun très pâle, (A 62), quelques taches grises, à passage progressif; sable fin limoneux et gypseux, tendant à se débiter en éclats, compact, microporosité faible; gypse finement microcristallisé et abondantes petites poches de gypse microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines, ni radicelles; frais.
- 115-137 cm : brun très pâle, (D 63); sablonneux et gypseux; structure diffuse (car humide), avec quelques indurations; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; humide.
- 137-143 cm : brun très pâle, (D 63); sablonneux et gypseux; structure diffuse (car très humide), avec quelques indurations; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; très humide.
- Plan d'eau salé à 143 cm.

Localité 2

Numéro : Kébili 66 (Ke 66); — date : 15 août 1960.

Localisation géographique : feuille Kébili au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 37,4510 gr.; 7,3110 gr.

Caractères géomorphologiques : basse terrasse de chott.

Description.

- 0-10 cm : brun-jaune, (D 63), avec taches brun très pâle, (C 63); sable fin limoneux et gypseux; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, moyenne; ni racines, ni radicelles; sec.
- 10-25 cm : brun-jaune, (C 63), avec taches brun très pâle, (D 63); sable fin limoneux et gypseux; grossièrement nuciforme; gypse finement microcristallisé, friable; pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique; racines et radicelles; sec à frais.
- 25-30 cm : brun très pâle, (C 63), avec taches brun pâle, (C 64); sable fin limoneux et gypseux, ayant tendance à se débiter en éclats, compact, une certaine microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modéré; radicelles; frais.
- 30-85 cm : brun très pâle, (D 63), avec taches brun-pâle, (C 64); sable fin et gypseux; grumeleux, une certaine microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle à très faible; radicelles; frais.
- 85-115 cm : jaune très pâle, (B 61), avec petites taches brun très pâle, (D 63), et quelques petites taches grises, (D 90); sable fin limoneux et gypseux, tendant à se débiter en éclats, compact, microporosité faible; gypse finement microcristallisé et abondantes petites poches de gypse microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines, ni radicelles; frais.
- 115-137 cm : brun très pâle, (D 63); sablonneux et gypseux; structure diffuse (car humide) avec quelques indurations gypseuses; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; humide.
- 137-143 cm : brun très pâle, (D 63); sablonneux et gypseux; structure diffuse (car très humide), quelques indurations gypseuses; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 143 cm.

Analyses : voir tableaux 33, 34, 35 et 36.

Interprétation.

Localité 1

L'étude des analyses du profil Ke 64 nous montre l'existence d'un sol très fortement salé en surface, salé en profondeur. Les teneurs en gypse sont fortes dans tout le profil (environ 60 p. 100); aussi, malgré le rapport Na/T élevé, il ne s'agit pas d'un sol à alcali.

Ce profil présente le cas d'une formation gypseuse appelée *terch*. Il s'agit d'un encroûtement à gypse finement microcristallisé (Desus, 1947; Roederer et collaborateurs, 1960) dont la compacité aug-

mente progressivement jusqu'à une couche où elle est maximum. Au-dessous de cette couche indurée, réapparaît le gypse finement microcristallisé, friable, avec des indurations locales. Au-dessus de la couche compacte, il y a également quelques indurations locales.

Localité 2

Les analyses du profil Ke 66 nous indiquent que la plupart des horizons sont plus salés que dans le profil Ke 64. La comparaison des teneurs en sulfates, des types, de cristallisations et des variations de compacité du gypse, montre que les teneurs en sulfates dans la zone radiculaire varient de 23,7 à 32,8 % pour Ke 66, de 23,9 à 39,2 % pour Ke 64 : elles sont donc pratiquement identiques; en outre, on observe dans les deux profils la présence de gypse finement microcristallisé, avec au-dessous de la couche compacte, des indurations poches de gypse microcristallisé. L'horizon de compacité maximum se situe de 35 à 40 cm. pour Ke 64, et à 30 cm. pour Ke 66; les différences de position de cet horizon (5 cm.) ne sont donc pas significatives; en dernier lieu, le plan d'eau et les caractères de l'hydromorphie sont sensiblement les mêmes dans les deux profils. Par contre, les chiffres de conductivité (efflorescences non comprises) différencient beaucoup plus nettement les deux profils et sont beaucoup plus élevés en Ke 66 qu'en Ke 64.

Discussion : Nous pouvons remarquer que l'encroûtement gypseux de nappe est identique dans les localités 1 et 2. A cet encroûtement gypseux correspond dans la localité 1, l'apparition du groupe écologique à *Nitraria retusa* (ceci pour une certaine amplitude de conductivité). Lorsque cette teneur en sels solubles augmente, comme par exemple dans la zone 2, le groupe écologique à *Nitraria retusa* disparaît, malgré la persistance de l'encroûtement gypseux. Il y a donc eu dans ce cas, « masquage » de la présence de cet encroûtement par suite de l'augmentation de conductivité dans la zone radiculaire. La teneur plus élevée en Co_3 Ca en Ke 66 qu'en Ke 64 n'est pas le facteur limitant l'apparition de *Nitraria retusa* puisque cette espèce se développe aussi sur des encroûtements gypseux peu calcaires.

Mise en valeur : Nous avons montré (G. Novikoff, p. 26, 1960), dans une étude sur les palmeraies des Nefzaouas, les problèmes posés par la mise en valeur de tels sols. Ainsi, dans la palmeraie de Tembib, cet encroûtement gypseux se situe à 20 cm. de profondeur; il peut avoir une épaisseur assez grande; sa compacité empêche tout développement des racines, aussi est-il nécessaire de le supprimer. Cependant, il semble que le prix de revient élevé d'une telle opération (150 dinars à l'hectare) a conduit les métayers de cette palmeraie à procéder de la façon suivante en divisant leur terrain en deux parties

— dans l'une, ils suppriment l'encroûtement et cultivent alors suivant les méthodes traditionnelles;

— dans l'autre, la mise en culture se fait en deux temps : délimitation de petites parcelles, où, on plante aux quatre coins, des rejets de palmier dans des trous de plantation; la partie centrale est cultivée en céréales; quand la possibilité leur en est offerte, ils suppriment l'encroûtement, ce qui permet d'utiliser le terrain pour les cultures maraîchères et fourragères.

Conclusions : Deux facteurs conditionnent la zonation de la végétation dans le cas de la coupe de Telmine; le premier est la conductivité, le second l'existence d'un encroûtement gypseux. Toutefois, sa présence n'est indiquée par la végétation que pour des conductivités inférieures à une certaine valeur; au-dessus, et malgré la persistance de cet encroûtement, le groupe écologique qui le caractérise disparaît; il ne subsiste plus que le groupe écologique indicateur de conductivité.

La végétation n'indique plus dans ce cas que le facteur limitant, qui est la conductivité. Il y a donc eu masquage d'un caractère pédologique du profil, ici l'encroûtement gypseux.

III. ETUDE DE LA VÉGÉTATION HALOPHILE DES GARAAS

A. VÉGÉTATION DES DEPRESSIONS FERMÉES DE TYPE GARAA DES ETAGES SUBHUMIDE ET SEMI-ARIDE

Nous avons choisi d'étudier en premier lieu la végétation des dépressions fermées marécageuses et peu salées (*donc de type garâa*) de la Basse Vallée de la Medjerdah (Tunisie du Nord). Ces dépressions se disposent le long de l'oued Medjerdah en y formant des cuvettes; aussi, les eaux qui s'y accumulent et qui proviennent des crues de cet oued, ainsi que celles arrivant des djebels, y stagnent de façon inégale suivant la topographie. Il se crée des conditions favorables à l'apparition des groupements à *Juncus subulatus*, des pelouses à *Hordeum maritimum* s'étendant sur la plus grande partie de la garâa. Le premier cas, le plus simple, est celui qui est présenté par la garâa d'Utique. Le second cas est beaucoup plus complexe, puisqu'en certaines zones apparaissent déjà des groupes écologiques à succulentes halophiles : ceci indique que cette dépression fermée tend à évoluer, par une diminution de la submersion et une augmentation de la salure, vers le type *sebkha*; c'est le cas de garaet el Mabtouha.

En second lieu, nous avons étudié la végétation des *merjas*, type intermédiaire entre la dépression fermée marécageuse et la plaine inondable marécageuse peu salée (Merja el Djedara).

En dernier lieu, l'étude de la garâa d'Ichkeul fournit un exemple de marécage à durée de submersion élevée.

1. LA GARAA D'UTIQUE

La garâa d'Utique se situe le long de l'oued Medjerdah, au voisinage de son embouchure. Une coupe sommaire montre une élévation progressive du terrain depuis la base du djebel (partie la plus basse) jusqu'au lit de la Medjerdah, ce qui contribue à donner à la garâa le caractère de dépression fermée. Selon les études hydrologiques de Hernot (1952), la garâa est alimentée par les eaux de ruissellement en provenance des djebels, les précipitations s'accumulant dans la dépression, et la nappe la plus superficielle elle-même alimentée par des nappes plus profondes. En partant de la zone la plus marécageuse, nous distinguons :

— Groupement à *Juncus subulatus* et *Crypsis aculeata*.

— Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.

15. Groupement à *Juncus subulatus* et *Crypsis aculeata*.

Végétation : relevé n° 3.900 du tableau phytosociologique 5, effectué le 30 Septembre 1961.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne, des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Juncus subulatus

Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*

Eryngium Barrelieri

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne à forte des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Crypsis aculeata

Eleocharis palustris var. *typica*

Cotula coronopifolia

Le degré de recouvrement moyen de la végétation atteint 50 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Utique 1 (U 1) — date : 15 octobre 1961.

Localisation géographique : feuille Porto-Farina de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 511,40; 422,00.

Caractères géomorphologiques : Dépression fermée.

Description.

- 0-15 cm : gris-brun clair, (D 81), avec assez abondantes taches brun-jaune, (D 72), et taches grises, (D 90), à passage progressif, dégageant à l'acide chlorhydrique une odeur d'hydrogène sulfuré, manchon grisâtre de sulfures autour des rhizomes; argileux; structure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes, racines et radicelles, sec.
- 15-50 cm : olive. (E 82), avec taches jaune-rouge, (D 58), abondantes, à passage progressif dans la masse et le long des radicelles à taches grises, (D 90) assez abondantes à passage progressif, dégageant une odeur d'hydrogène sulfuré; argileux, structure prismatique large, plus diffuse que dans l'horizon précédent, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée, racines et radicelles; sec.
- 50-100 cm : olive, (E 82), avec quelques taches grises, (E 90), à légère odeur d'hydrogène sulfuré; argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, assez compacte, microporosité faible; pseudomycélium calcaro-gypseux assez abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; ni racines, ni radicelles; sec.
- 100-155 cm : olive, (E 82), avec taches grises, (E 90), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte, microporosité faible; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; débris de radicelles avec autour manchon de sulfures.
- 155-200 cm : olive, (E 82), avec taches grises, (E 90); argileux; structure diffuse, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; ni racines, ni radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 37 et 38.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est fortement salé à alcali sur tout le profil. Il existe en surface un léger lessivage des sels solubles. Le profil présente un engorgement

TABLEAU 37

Numéros des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé	Fer libre
								Cl meq/l	CO ₃ meq/l	H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
U 1	369	0- 15	32	1,37	32,5	0,37	68	145	1,6		120,0	21,5	36,0	0,48
	484	15- 50	30,5	—	33,7	0,54	67,2	280	1,3		227,5	61,0	73,0	—
	486	50-100	30,5	1,53	33,7		77,2	290	1,1		227,5	69,5	64,5	0,73
	652	100-155	33,5	—	30,8	0,41	73,6	320	1,2		265,0	58,5	86,0	—
	374	155-200	36	1,6	30,4	0,95	80	355	1,1		300,0	53,0	99,0	0,64
U 2	355	0- 2	21	—	16,5	traces	66,8	205	1,6		80,0	83,5	49,5	0,53
	377	2- 28	20	—	32,9	traces	58,4	190	1,2		94,0	64,0	62,5	—
	382	28- 35	18	—	36,2	0,41	61,2	165	1,4		105,0	40,5	55,5	0,64
	378	35-100	25	—	36,5	0,25	64,8	245	1		147,5	79,5	26,5	—
	383	100-200	29,5	—	35,2	0,45	80	280	1		200,0	85,0	38,5	0,64

temporaire, à la fois des horizons superficiels et profonds, se manifestant par l'existence

— d'un horizon humifère superficiel gris-brun clair à taches brun-jaune et à taches grises (ce qui est l'indice d'une matière organique évoluant mal); on observe également des taches brun-jaunes et grises, ce qui correspond à un pseudogley

TABLEAU 38

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables gros- siers
U 1	369	0- 15	59	35	traces	0,5	traces
	484	15- 50	54	39	1,5	0,5	traces
	486	50-100	54	43	2,5	0,5	traces
	652	100-155	62	32	1,0	traces	traces
	374	155-200	61	34	2,5	1,0	0,5
U 2	355	0- 2	54	39	3,0	2,0	traces
	377	2- 28	55	38	2,0	0,5	traces
	382	28- 35	36	53	9,0	0,5	traces
	378	35-100	50	40	5,0	traces	traces
	383	100-200	52	43	3,5	0,5	traces

— des taches jaune-rouge dans l'horizon sous-jacent (15-50 cm) prédominant sur des taches grises.

— d'assez abondantes taches grises et un pseudomycélium en profondeur (50-155 cm.).

Il s'agit donc d'un sol hydromorphe, à hydromorphie hétérogène, à pseudogley en surface et à gley en profondeur.

Nous constatons d'autre part, l'existence d'un horizon superficiel, formé de gros blocs prismatiques très compacts; en profondeur, la compacité diminue assez régulièrement. Ce phénomène d'inégale compacité est du probablement au tassement (lorsque le sol est humide) de la couche superficielle par les sabots des Bo-

vidés. De tels phénomènes ont déjà été décrits ailleurs (V.A. Kovda, vol. V G 13.5, 1960); ils constituent un facteur pédogénétique dont l'action vient s'ajouter à l'hydromorphie.

Le sol étudié est donc fortement salé à alcali, à hydromorphie totale, hétérogène, à pseudogley puis à gley.

Le système racinaire ne s'étend que jusqu'à 50 cm. Aussi, le groupement à *Juncus subulatus* et *Crypsis aculeata* se développe sur un sol fortement salé à alcali, à hydromorphie totale, à pseudogley.

16. Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.

Ce groupement constitue la zone la plus vaste de la garâa; il se situe topographiquement plus haut que le précédent.

Végétation : relevé n° 1.621 du tableau phytosociologique 3, effectué le 30 septembre 1961.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus
Centaureum spicatum

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Ormenis praecox
Koeleria hispida var. *typica*
Trifolium strictum
Romulea bulbocodium ssp. *eu-bulbocodium*
Lythrum tribracteatum
Lolium rigidum var. *genuinum*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide:

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*
Centaureum puchellum

d) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*
Melilotus messanensis

e) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne à forte des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Crypsis aculeata
Cotula coronopifolia

Le degré de recouvrement de cette pelouse atteint en moyenne 50 pour 100; dans ce relevé existe aussi *Lolium rigidum* var. *genuinum*.

Conditions édaphiques.

Numéro : U 2; date : 15 octobre 1960.

Localisation géographique : feuille Porto-Farina de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 513,60; 422,70.

Caractères géomorphologiques : Dépression fermée.

Description.

- 0-2 cm : jaune-pâle, (D 72); argileux; structure polyédrique, moyenne, nette, moyennement compacte; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des racelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.
- 2-28 cm : jaune-pâle, (D 72), avec taches jaune, (C 68) et grises, (E 90) assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.
- 28-35 cm : brun très pâle, (C 63), avec taches jaune-rouge, (D 58), et grises, (C 90), assez abondantes, à passage progressif; limono-sableux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni racelles; sec.
- 35-100 cm : brun, (D 64), avec quelques taches grises, (C90), peu abondantes à passage progressif; argileux; structure diffuse; quelques débris de coquilles d'escargots; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni racelles; sec.
- 100-200 cm : olive pâle, (E 85) avec taches gris-clair, (C 90), assez abondantes, à passage progressif; structure diffuse; argileux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni racelles; humide.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 37 et 38.

Interprétation : La texture des horizons est hétérogène; il s'agit donc un sol brut d'apport alluvial. En outre, l'examen des analyses nous indique qu'il s'agit d'un sol salé à alcali. L'étude du profil nous montre une hydromorphie totale, temporaire, se mani-

festant par des taches jaunes et grises de 2 à 28 cm., des taches jaune-rouge et grises de 28 à 100 cm., avec prédominance des taches gris-clair de 100 à 200 cm. Il s'agit donc d'un sol brut d'apport alluvial, salé à alcali, à hydromorphie totale, évoluant vers un pseudogley en surface et un gley en profondeur.

Le système racinaire ne s'étend que jusqu'à 30 cm. Aussi le groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* se développe sur un sol brut d'apport alluvial, salé à alcali, évoluant vers un pseudogley.

2. GARAET EL MABTOUHA

L'étude de Garaet el Mabtouha a été entreprise pour sa diversité phytosociologique qui réalise l'échantillonnage le plus complet des associations halophiles des dépressions fermées de la Tunisie du Nord. Dans cette vaste cuvette, située au Nord de Tunis, s'accumulent les eaux en provenance de massifs triasiques gypseux et salés, et, occasionnellement les crues très fortes de l'oued Medjerdah. Une division sommaire de cette dépression fermée nous a conduit à distinguer deux grandes zones. La zone 1, s'étend de la périphérie de la garâa à sa partie la plus basse; c'est là que les eaux de crue stagnent le plus longtemps. On y distingue les groupements suivants (en allant de la périphérie vers l'intérieur de la cuvette marécageuse)

— groupement à *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum* et *Juncus maritimus*, facies à *Juncus maritimus*;

— groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Juncus subulatus*, facies à *Juncus subulatus*;

— groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.

— groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Sphenopus divaricatus*.

La zone 2, s'étend des terres cultivées à la partie la plus extérieure de la cuvette. Les eaux y séjournent beaucoup moins longtemps. On y distingue les groupements suivants

— groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Scorzonera laciniata*, facies à *Hordeum maritimum*;

— groupement à *Plantago coronopus* ssp. *eu-coronopus* et *Scorzonera laciniata*;

— groupement à *Sphenopus divaricatus* et *Plantago coronopus* ssp. *eu-coronopus*;

— groupement à *Juncus subulatus* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum*;

— groupement à *Juncus subulatus* et *Salicornia arabica*.

La zone 1 présente la diversité écologique la plus grande : nous y trouvons en effet des stations hydromorphes et non salées avoisinant avec des stations de salure et d'hydromorphie très variables.

17. Groupement à *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum* et *Juncus maritimus*, facies à *Juncus maritimus*.

Ce groupement occupe, (dans le sous-étage de végétation semi-aride supérieur, et l'étage de végétation subhumide), la partie périphérique des garâas. Parfois, il peut en constituer la totalité, mais les surfaces occupées sont toujours restreintes. Ce groupement assure le plus souvent la transition avec la végétation messicole.

Végétation : relevé n° 214 du tableau phytosociologique 4, effectué le 15 août 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Melilotus sulcata
Ormenis praecox
Juncus bufonius ssp. *eu-bufonius*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

d) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité Allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*
Eryngium Barrelieri

e) Groupe écologique caractéristique de sol hydromorphe humifère peu salé pour une conductivité allant jusqu'à 25 millimhos dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Trifolium isthmocarpum var. *Jaminianum*
Gaudinia fragilis ssp. *eu-fragilis*

Trifolium lappaceum
Bromus hordeaceus ssp. *mollis*
Trifolium scabrum
Trifolium tomentosum
Trifolium resupinatum
Stachys ocymastrum
Ranunculus muricatus

f) Variante transgressive messicole caractéristique de texture fine pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage semi-aride supérieur :

Cynodon Dactylon var. *genuina*
Anagallis arvensis ssp. *phoenicea*
Torilis nodosa f. *bracteosa*
Bromus madritensis
Eryngium campestre
Geranium dissectum

g) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé, dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Medicago hispida var. *lappacea*

h) Variante non defrichée se développant dans des conditions analogues à (e) :

Juncus maritimus
Centaurea napifolia
Spitzelia cupuligera
Urginea maritima
Lagurus ovatus
Dactylis glomerata var. *hispanica*
Cynosurus echinatus

La végétation atteint 100 pour 100 de degré de recouvrement. Dans ce groupement existent parfois certaines espèces telles *Ranunculus trachycarpus*, *Mentha pulegium* et *Carex divisa*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Sidi Athman 3 (SA 3); — date : 30 septembre 1960.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 410,30; 500,00.

Caractères géomorphologiques : zone de bas de pente, en contact avec la garâa proprement dite.

Description.

0-10 cm : gris-brun; (E 62); limono-argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

TABLEAU 39

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	Co ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
SA 3	3.027	0-10	4,3	8,7				3,2	40	3,2	52,5	65	6,5	23
	3.028	10-45	6,9	8,6	1,44	29,2	0,7	6	55	6	52,5	4	6,5	25
	3.018	45-75	10	8,5	0,76	36,2	0,6	3,1	85	3,1	90	6,5	12,5	29
	3.019	75-115	7,6	8,7				1,5	70	1,5	77,5	40	13	28
	3.020	115-170	11	8,4	0,21			2,5	90	2,5	95	5	18	28
	3.012	170-190	10,1	8,9				1,6	75	1,6	90	60	13	19

- 10-45 cm : gris-brun clair, (D 81); argileux; structure prismatique moyenne, friable, microporosité et macroporosité moyennes; débris de coquilles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.
- 45-75 cm : brun-rouge, (H 28); argileux; structure prismatique moyenne tendant à recouper une structure en plaquettes, poreux; petits cailloux, quelques débris de poterie; effervescence à l'acide chlorhydrique, moyenne, modérée; nombreuses radicelles; sec.
- 75-115 cm : brun-gris, (F 62), taches jaune-rouge, (C 56), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure polyédrique, moyenne, nette, friable, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.
- 115-170 cm : brun très pâle, (C 62), à taches gris très foncé, (J 90), vers le haut de l'horizon; sablo-argileux; structure polyédrique, moyenne, nette, friable, microporosité et microporosité moyennes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles peu abondantes; frais.
- 170-190 cm : taches grises, (C 90), et jaunes, (E 83), assez abondantes, à passage progressif, et ponctuations calcaro-gypseuses blanchâtres; sablonneux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, modérée; quelques grosses racines; humide à très humide.

Plan d'eau à 190 cm.

Analyses : voir tableau 39.

Interprétation : L'étude des analyses nous montre que le sol est à alcali non salé en surface, faiblement salé à alcali en profondeur (conductivité voisine de 4 millimhos en surface, variant de 7 à 10 millimhos en profondeur; par contre le rapport Na/T est partout supérieur à 15). L'examen du profil nous montre l'existence d'un engorgement faible en surface, un peu plus fort en profondeur ce qui se traduit par une hydromorphie totale, hétérogène, avec

— un horizon de couleur gris-brun en surface, passant progressivement à une couleur plus claire en profondeur (0-10 cm, 10-45 cm);

— des taches jaune-rouge dans les horizons moyens (75-115 cm);

— des taches jaunes et grises en profondeur, indiquant l'existence d'un horizon marmorisé (170 cm.).

Il s'agit donc d'un sol à hydromorphie totale, hétérogène, qui présente un horizon d'accumulation de matière organique en surface, des taches jaune-rouge dans la partie moyenne du profil, et un horizon marmorisé en profondeur. L'étude du système racinaire nous montre que celui-ci s'étend jusqu'au plan d'eau. Les résultats sont donc totalement valables.

En résumé, le groupement à *Trifolium isthmocarpum* var. *Jamianum* et *Juncus maritimus* facies à *Juncus maritimus* se développe sur un sol hydromorphe humifère à alcali peu salé, à horizon marmorisé en profondeur.

18. Groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Juncus subulatus*, faciès à *Juncus subulatus*.

Végétation : relevé n° 1624 du tableau phytosociologique 5, effectué le 7 juin 1960.

PHASES MARECAGEUSES ET POSTMARECAGEUSES

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Juncus subulatus

Polygodon maritimum ssp. *eu-maritimum*

b) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 40 et 70 millimhos :

Arthrocnemum indicum

PHASE A HYDROPHYTES

Nous avons observé d'assez nombreuses characées.

Dans ce relevé existent aussi, *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum*, *Juncus bufonius* ssp. *eu-bufonius* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Sakkak 10 (S 10) — date : 5 juillet 1960.

Localisation géographique : Feuille de Mateur de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 498,70; 412,50.

Caractères géomorphologiques : Dépression fermée.

Description.

0-10 cm : gris brun-clair, (D 61), avec abondantes gaines d'oxydation après réduction préalable le long des racelles; argileux; macrostructure prismatique large, microstructure polyédrique fine, toutes deux, nettes, compactes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.

- 10-20 cm : brun-jaune, (E 64), avec reflets gris, (E 90), peu abondants, argileux; macrostructure prismatique de l'horizon précédent se continuant dans celui-ci, compacte, nette, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.
- 20-35 cm : brun-jaune, (E 64), quelques reflets gris, (E 90); argileux; structure prismatique diffuse, compacte, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne; racines et radicelles; sec
- 35-60 cm : brun-jaune, (E64), avec reflets jaune-pâle, (B 72), argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte, microporosité faible; pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant, débris de coquilles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.
- 60-90 cm : brun-jaune, (E 64), avec reflets jaune-pâle, (B 84), peu abondants; argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte, à microporosité faible; pseudo-mycélium gypso-calcaire abondant, débris de coquille; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; sec.
- 90-110 cm : brun-jaune, (E 64), avec reflets gris, (E 95), et jaune-pâle, (B 84), abondants (les reflets jaune-pâle sont plus abondants que les gris), quelques taches brun foncé, (J 32), à passage progressif; vers le bas de cet horizon, les reflets deviennent plus grands; structure diffuse, microporosité faible, se débitant à la pression en une structure polyédrique fine; abondant pseudo-mycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; frais.
- 110-120 cm : brun-jaune, (E 64), avec reflets gris et jaune-pâle, (B 84), abondants, tous deux sensiblement dans les mêmes proportions; argileux; structure diffuse; pseudo-mycélium gypso-calcaire moins abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide à très humide.

Plan d'eau salé à 120 cm.

Analyses : voir tableau 40.

Interprétation : L'examen des analyses (effectuées seulement pour deux horizons) nous montre que le scl est très fortement salé (conductivité variant entre 53 et 62 millimhos) à alcali (rapport Na/T supérieur à 15). D'autre part, l'étude du profil nous montre l'existence

— d'un horizon superficiel gris-brun clair;

— des reflets gris au-dessous de l'horizon superficiel passant en profondeur à des reflets jaune-pâle (10 à 90 cm.);

— des reflets jaune pâle et gris dans les horizons profonds (90 à 120 cm.)

Le sol est hydromorphe, à hydromorphie totale, hétérogène :

— superficielle, évoluant vers un pseudogley (0-35 cm)

— en profondeur, évoluant vers un horizon marmorisé. L'étude du système racinaire montre une extension jusqu'à 60 cm.

Le groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Juncus subulatus* se développe sur un sol très fortement salé à alcali, à hydromorphie totale, hétérogène, plus forte en surface qu'en profondeur.

19. Groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.

Végétation : relevé n° 589 du tableau phytosociologique 2, effectué le 25 juin 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 18-20 et 40-50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Sphenopus divaricatus
Spergularia marina

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*
Melilotus messanensis

c) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 70 et 90 millimhos :

Halocnemum strobilaceum

Le degré de recouvrement de ce groupement ne dépasse pas 35 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Sakkak 11 (S 11) — date : août 1960.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 500,40; 413,00.

Description.

0-25 cm : brun-jaune avec taches jaune-pâle, (C 74), peu abondante (E 64); argileux; structure prismatique large, nette, très compacte, avec gaines de réduction après oxydation préalable autour de radicules, sec.

25-120 cm : brun-pâle, (C 61); argileux; structure diffuse; pseudomycélium gypso-calcaire et salé surtout abondant dans la partie supérieure de l'horizon; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, moyenne; racines et radicelles peu abondantes; humide.

120-140 cm : taches brun-jaune foncé, (F 63), et grises (D 90), à passage progressif; argileux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte, à moyenne; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 140 cm.

Analyses : voir tableau 40.

Interprétation : quoique les prélèvements aient été effectués de 25 en 25 cm, nous pensons qu'ils peuvent fournir une bonne interprétation du profil. Le sol est fortement à très fortement salé à alcali (conductivité variant de 48 à 82 millimhos et rapport Na/T variant de 32 à 38).

L'étude du profil montre un engorgement total se manifestant par

— une hydromorphie des horizons superficiels (taches jaune-pâle);

— une hydromorphie des horizons moyens (pseudomycélium gypso-calcaire et salé);

— une hydromorphie de profondeur (horizon marmorisé).

A ce facteur pédogénétique vient s'ajouter en surface, l'action de tassement due au sabot des Bovidés (nous avons pu relever de nombreuses empreintes de 20 cm. de profondeur) créant par malaxage des blocs très compacts.

Il s'agit donc d'un sol à pédogénèse complexe, fortement à très fortement salé à alcali, à hydromorphie hétérogène. Le système radiculaire s'étend jusqu'à 120 cm. Aussi, le groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* se développe sur un sol très fortement salé à alcali, à hydromorphie totale, hétérogène, temporaire, à gaines d'oxydation autour des radicelles et pseudo-mycélium salé.

Discussion : A l'existence du groupe (a) correspond une certaine amplitude de conductivité; la présence du groupe (b) reflète l'horizon à taches jaune pâle (0-25 cm); enfin (c) correspond à l'horizon à pseudomycélium gypso-calcaire et salé pour une certaine amplitude de conductivité.

20. Groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Sphenopus divaricatus*.

Végétation : relevé n° 1.638 du tableau phytosociologique 2, effectué le 30 juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 18-20 et 40-50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Sphenopus divaricatus
Spergularia marina
Pholiurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

b) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

d) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 40 et 70 millimhos :

Arthrocnemum indicum

Le degré de recouvrement de ce groupement est faible, puisqu'il n'atteint pas 40 pour 100; les espèces des groupes c), b), ont une taille réduite; dans le relevé existe aussi *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Sakkak 14 (S 14) — date : 15 août 1960.

Localisation géographique : Feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 500,80; 413,00.

Description.

0-3 cm : brun-jaune, (D 72); argileux; nuciforme à tendance polyédrique, structure fine, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; horizon d'abondance maximum des radicelles; sec.

3-10 cm : brun-jaune, (D 72), à taches jaunes-pâle, (C 74), assez abondantes, à passage progressif; argileux; macrostructure prismatique large, nette, compacte, microstructure cubique, diffuse, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; horizon d'abondance maximum des radicelles; sec.

TABLEAU 41

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l			
S 14	397	0- 10	35	7,8	1,96	30,4	0,6	53	380	1,0	175	125	85	19,2	0,98	4,14
	376	10- 70	35	8,1	1,50	30,0	0,4	47	385	1,5	200	95	86	23,2	0,59	4,42
	393	70-120	60		0,93	29,2	1,3	54	725	1,5	400	178	174	30,2	0,81	4,0
	658	120-130	60	8,1	0,67	31,7	1,7	50	765	1,5	425	182	154	32,0	0,81	3,7
	662	130-150	65		0,67	35,4	1,9	43	810	1,5	450	191	172	32,5	0,8	3,5
	665	150-160	65		0,70	35,4	1,8	47	800	1,5	475	185	165	34,0	0,8	3,6

- 10-70 cm : brun-jaune, (D 72) à taches jaune-pâle, (C 74), à passage progressif; argileux; structure diffuse, friable; pseudomycélium gypso-calcaire et un peu salé, peu abondant; débris de coquille peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, modérée; radicelles; frais.
- 70-120 cm : brun-jaune, (D 72), à taches jaunes, (C 66), à passage progressif; argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte; pseudomycélium gypso-calcaire et un peu salé abondant; débris de coquilles peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; quelques radicelles; humide.
- 120-130 cm : brun-jaune, (D 72), avec quelques taches jaune-rouge, (C 56), et taches brun-pâle, (C 61), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes, large, nette, compacte; très abondant pseudomycélium gypso-calcaire et peu salé; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.
- 130-150 cm : brun-jaune, (D 72), avec taches rouge-jaune, (E 58), à passage progressif vers la couleur jaune-rouge, (D 58), assez abondantes, taches brun-pâle, (C 61), à passage progressif peu abondantes; argileux; structure diffuse, micro et macroporosité moyenne; pseudomycélium gypso-calcaire et salé assez abondant; en outre concrétions gypseuses; abondants débris organiques; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.
- 150-160 cm : mêmes caractères que dans l'horizon précédent, mais avec, en plus, apparition de taches grises abondantes à passage progressif.

Plan d'eau salé à 160 cm.

Analyses : voir tableaux 41 et 42.

TABLEAU 42

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
S 14	397	0- 10	45	39	5,5	6,5	2,0
	376	10- 70	53	33	4,5	5,5	traces
	393	70-120	60	29	3,0	2,0	0,5
	658	120-130	62	26	7,5	6,5	1,0
	662	130-150	36	25	21,0	18,0	traces
	665	150-160	43	31	20,5	8,0	traces

Interprétation : D'après les analyses, les horizons de ce profil sont, soit fortement, soit très fortement salés à alcali (conductivité variant de 35 à 65 millimhos, et rapport Na/T supérieur à 15).

Nous observons dans le profil un engorgement se manifestant par une hydromorphie totale, hétérogène : superficielle à taches jaunes (10-120 cm.), puis à horizon marmorisé, évoluant vers un pseudogley (120-150 cm.); en profondeur, existe un pseudogley (150-160 cm).

Il s'agit donc d'un sol fortement à très fortement salé à alcali, à hydromorphie totale, hétérogène. Compte tenu de l'extension du système racinaire (0-120 cm) le groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Sphenopus divaricatus* se développe sur un sol fortement à très fortement salé à alcali, à hydromorphie temporaire à taches.

Discussion : Comme dans le groupement précédent, le groupe (a) correspond à un certain intervalle de conductivité dans l'horizon superficiel; et la présence de (d) est indiquée par des horizons à taches jaune pâle et à pseudomycélium gypso-calcaire et salé.

21. Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. eu-maritimum et *Scorzonera laciniata*, facies à *Hordeum maritimum*.

Ce groupement et les 4 suivants font partie de la zone 2 qui s'étend de la ferme Saint-Victor à la partie la plus basse. Dans les profils de cette zone, les prélèvements des échantillons d'analyse ont été effectués tous les 25 cm; nous pensons malgré cela que les résultats obtenus ont une valeur représentative.

Végétation : relevé n° 3.628 du tableau phytosociologique 3, effectué le 20 mai 1961.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. eu-maritimum
Lepturus cylindricus

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficiel-le faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Melilotus sulcata
Ormenis praecox
Trifolium strictum

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*
Centaurium pulchellum

d) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine mal drainé dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Medicago hispida var. *lappacea*

e) Groupe écologique caractéristique d'horizon marmorisé pour un sol à texture fine et une conductivité inférieure à 20 millimhos dans l'étage semi-aride supérieur :

Scorzonera laciniata
Beta macrocarpa

Ce groupement se présente sous l'aspect d'une pelouse dense, homogène, dont le degré de recouvrement atteint en moyenne 90 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Saint Victor 1 (S V 1) — date : 25 septembre 1960.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 411; 503,60.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée.

Description.

- 0-10 cm : brun-jaune, (D 81), avec quelques reflets gris clair, (C 90); argileux; macrostructure prismatique, large, compacte. microporosité faible; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des radicules, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicules; sec.
- 10-50 cm : brun-jaune, (E 64), avec taches jaune-brun, (D 68), peu abondantes; argileux; structure prismatique recoupant une structure en plaquettes, tendant par places à la formation d'une structure cubique, microporosité faible, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée, radicules; frais.
- 50-10 cm : brun-jaune, (E 64), avec taches jaune-rouge, (D 68), et gris-brun clair, (C 81), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes fine, nette, friable, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicules; frais.

100-140 cm : brun-jaune, (E 64), avec taches jaune-rouge, (D 48), et gris clair, (C 81), toutes deux assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure diffuse; pseudomycélium gypseux et calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines, ni radicules; humide.

140-160 cm : brun-jaune, (E 64), avec taches jaune-rouge, (D 48), et grises, (D 90), assez abondantes, à passage progressif, à peu près en mêmes proportions; argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines, ni radicules; très humide.

Plan d'eau salé à 160 cm.

Analyses : voir tableau 43.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est salé à alcali (conductivité variant de 15 à 29,5 millimhos et rapport Na/T supérieur à 15).

L'étude du profil révèle l'existence d'un engorgement total se manifestant par des reflets gris très clair de 0 à 10 cm, un horizon à taches jaune-brun de 10 à 50 cm, et la présence d'un horizon marmorisé évoluant vers un pseudogley de 50 cm à 100 cm, puis d'un horizon à pseudogley (100-160 cm).

Le sol étudié présente donc une hydromorphie totale, hétérogène, temporaire pour les horizons superficiels et moyens (0 à 100 cm), permanente pour les horizons profonds (100 à 160 cm).

Le système racinaire s'étend jusqu'à 100 cm. Le groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Scorzonera laciniata*, facies à *Hordeum maritimum* se développe sur un sol salé à alcali, à hydromorphie totale, temporaire et à horizon marmorisé.

22. Groupement à *Plantago coronopus* ssp. *eu-coronopus* et *Scorzonera laciniata*.

Végétation : relevé n° 432 du tableau phytosociologique 3, effectué le 18 juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*

Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

Centaureum pulchellum

b) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris

Medicago hispida var. *lappacea*

TABLEAU 43

Numéros des Profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl	CO ₃ H	Na	Ca	Mg	
									meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	
SV 1	2.028	0- 25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.039	25- 50	16,5	7,9	0,77	33,3	0,4	54,0	147	1,6	105	28,0	38,5	13,0
	2.040	50- 75	21,0	7,7	—	—	—	52,0	195	0,7	145	43,5	39,0	24,0
	2.042	75-100	29,5	7,6	0,91	36,2	0,4	55,0	290	1,5	230	78,0	67,0	14,0
	2.045	100-150	27,0	7,9	—	—	—	48,0	255	0,9	190	74,0	63,5	25,0
SV 2	2.037	0- 25	12,0	7,7	1,65	33,3	0,3	57,6	110	2,34	72	40,0	27,0	14,5
	2.038	25- 50	20,0	7,5	1,19	30,8	0,4	58,0	202	1,7	132	61,0	32,0	22,0
	2.047	50- 75	24,5	7,3	1,19	32,9	0,5	60,8	254	1,7	157	84,0	49,0	22,0
	2.044	75-100	29,0	7,5	1,39	37,5	0,6	60,0	370	1,56	220	85,0	53,0	28,0
	2.058	150-175	27,0	7,6	0,62	30,4	0,7	61,6	262	1,52	192	74,0	35,0	28,0
	2.046	100-150	25,0	7,4	0,97	32,9	0,9	64,0	240	1,52	180	71,0	40,0	26,5

c) Groupe écologique messicole caractéristique de texture fine pour une conductivité inférieure à 20 millimhos dans les étages sub-humide et semi-aride supérieur :

Allium Cupani
Euphorbia exigua

d) Groupe écologique caractéristique d'horizon marmorisé pour un scl à texture fine et une conductivité inférieure à 20 millimhos dans l'étage semi-aride supérieur :

Scorzonera laciniata
Atriplex ifniensis var. *parvifolius*.

Dans ce groupement, le degré de recouvrement ne dépasse pas 15 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Saint-Victor 2 (S V 2) — date : 20 août 1950.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 410,30; 505,80.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée.

Description.

- 0-5 cm : brun-jaune, (E 64); argileux; structure nuciforme irrégulière, nette, friable à compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicelles; sec.
- 5-35 cm : brun-jaune, (E 64); argileux; structure prismatique large, nette, compacte, recoupant une structure en plaquettes, large, nette; microstructure polyédrique, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; abondantes racines et radicelles; sec.
- 35-80 cm : brun-jaune, (E 64), à reflets gris, (D 90), peu abondants; argileux; structure en plaquettes large, moins nette qu'auparavant, compacte, sans microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicelles; frais.
- 80-95 cm : brun-jaune, (E 64), à abondants reflets jaunes, (C 78), et gris, (D 90); structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicelles; humide.
- 95-125 cm : brun-jaune, (E 64), taches jaune-rouge, (D 56), et grises, (E 90), assez abondantes, à passage progressif, (les premières prédominent); argileux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; ni racines ni radicelles; humide.
- 125-175 cm : brun-jaune, (E 64), taches jaune-rouge, (D 56), et grises, (E 90), abondantes, à passage progressif; argileux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines, ni radicelles; très humide.

TABEAU 44

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé						Na — T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ meq/l	H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
SV 3	2.182	0- 25	38	7,3	1,14	32,9	0,3	56,8	364	1,54		185,0	109,0	51,0	22,0
	2.183	25- 50	35	7,4	1,14	31,7	0,4	57,6	386	1,22		280,0	101,0	58,0	32,0
	2.184	50- 75	36	7,4	0,98	33,3	0,5	56,4	420	1,64		220,0	127,0	75,0	28,0
	2.185	75-100	34	7,7	0,98	33,7	0,7	59,2	370	1,84		250,0	110,0	94,0	27,0
	2.186	100-125	39	7,7	1,1	30,8	0,8	60,8	405	1,2		260,0	109,0	84,5	28,0
	2.176	125-150	39	7,7	0,98	32,1	1,1	62,4	388	1,2		265,0	98,0	91,5	28,0
	2.147	150-200	38	7,8	0,67	35,2	1,0	63,2	380	1,4		260,0	87,0	89,0	28,0
SV 4	2.786	0- 25	9,2	7,6	4,0	33,4	0,8	57,6	83	1,5		50,0	21,5	18,0	13,0
	2.788	25- 50	27,0	7,5	1,0	33,4	0,7	55	265	1,1		192,5	48,5	60,5	28,0
	2.789	50- 75	29,5	7,4	0,7	32,0	1,4	65,6	280	1,0		220,0	66,5	71,0	27,5
	2.790	75-100	29,5	7,5	0,6	32,0	1,9	66,4	270	1,2		220,0	65,0	65,0	29,0
	2.791	100-125	29,5	7,6	0,7	33,4	1,07	65,2	290	1,1		220,0	58,0	76,0	28,0
	2.792	125-180	29,5	7,5	0,7	32,0	1,1	66	275	1,0		220,0	60,0	64,5	28,5

Plan d'eau salé à 175 cm.

Analyses : voir tableau 43.

Interprétation : D'après les analyses, le sol est salé à alcali (conductivité variant de 12 à 29 millimhos et rapport Na/T voisin ou supérieur à 15); dans le profil, l'hydromorphie se manifeste par des reflets gris de 35 à 80 cm. des reflets jaunes et gris de 80 à 95 cm, des taches jaune-rouge et grises en proportions variables (pseudogley) de 95 à 175 cm. Nous pouvons constater que le système racinaire ne s'étend que jusqu'à 95 cm; aussi le groupement à *Plantago coronopus* ssp. *eu-coronopus* et *Scorzonera laciniata* se développe sur un sol salé à alcali, à hydromorphie partielle, moyenne, des horizons les plus profonds.

23. Groupement à *Sphenopus divaricatus* et *Plantago coronopus* ssp. *eu-coronopus*.

Végétation : relevé n° 2.680 du tableau phytosociologique 2, effectué le 5 juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 18-20 et 40-50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Sphenopus divaricatus
Spergularia marina
Pholurus incurvatus ssp. *eu-incurvatus*

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

Le degré de recouvrement est très faible, atteignant au plus 1 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Saint-Victor 3 (S V 3); — date : 20 août 1960.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 410,25; 504,30.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée.

Description.

0-50 cm : brun-jaune, (D 63), argileux; macrostructure prismatique large recoupant une structure en plaquettes large, microstructure polyédrique diffuse, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

50-75 cm : brun-jaune, (D 63), avec reflets gris, (D 90); argileux; macrostructure prismatique large, diffuse, compacte, pas de microstructure; pseudo-mycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; modérée; ni racines, ni radicelles; sec.

75-100 cm : brun-jaune, (D 63), avec reflets brun-pâle, (C 61), et reflets gris, (D 90); argileux; structure grossièrement polyédrique, diffuse, assez friable, sans micro, ni macroporosité; pseudo-mycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; ni racines, ni radicelles; sec.

100-180 cm : brun-jaune, (D 63), taches jaunes-rouge, (D 36), et taches grises, (D 90), abondantes, à passage progressif, de taille moyenne, les taches jaunes-rouge prédominent; structure diffuse, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableau 44.

Interprétation : Nous pouvons constater, d'après les analyses, que le sol est fortement salé (34 à 39 millimhos) à alcali (rapport Na/T variant de 22 à 32). Dans le profil, l'hydromorphie se manifeste par des reflets gris et brun-pâle (0 à 100 cm), des taches jaune-rouge et grises (les premières prédominent). Le sol est donc à hydromorphie partielle, temporaire, d'intensité faible à moyenne dans la partie moyenne du profil; cette hydromorphie est moyenne à forte en profondeur. Nous avons pu observer des radicelles jusqu'à 50 cm de profondeur. Le groupement à *Shenopus divaricatus* et *Plantago coronopus* se développe sur un sol fortement salé à alcali peu ou pas hydromorphe.

24. Groupement à *Juncus subulatus* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum*.

Ce groupement occupe la partie basse de Garaet El Mabtouha; il présente donc les caractères marécageux les plus accusés.

Végétation : relevé n° 1.637 du tableau phytosociologique 5, effectué le 26 juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 30 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Melilotus sulcata
Ormenis praecox
Trifolium strictum
Juncus bufonius ssp. *eu-bufonius*
Ronulea bulbocodium ssp. *eu-bulbocodium*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine dans les étages, subhumide et semi-aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronopus*
Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*

d) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Picris echioides

e) Groupe écologique caractéristique de sol hydromorphe humifère peu salé pour une conductivité allant jusqu'à 25 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Trifolium isthmocarpum var. *Jaminianum*
Gaudinia fragilis ssp. *eu-fragilis*
Trifolium lappaceum
Trifolium scabrum

f) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne, des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Juncus subulatus
Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*
Cressa cretica

Le degré de recouvrement moyen de la végétation est de 80 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Saint-Victor 4 (SV 4); — date : 15 août 1960.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 412,50; 505,30.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée.

Description.

- 0-10 cm : gris-brun clair, (D 81), avec traces d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; argileux; structure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; rhizomes et radicelles; sec.
- 10-60 cm : jaune-pâle, (C 74), avec reflets brun-jaune, (E 63); argileux; structure en plaquettes fine, nette, compacte, microporosité faible, recoupée par une structure prismatique continuant celle de l'horizon supérieur; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.
- 60-80 cm : brun-jaune, (E 66), avec reflets gris-brun clair, (D 61), et brun-jaune clair, (D 74); argileux; structure en plaquettes fine, nette, compacte, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.
- 80-110 cm : brun-jaune, (E 66), avec assez abondantes taches gris-clair, (C 90), et taches jaune-rouge, (D 58), (les premières prédominant sur les secondes), à passage progressif; argileux; structure en plaquettes, moyenne, moins nette que précédemment; friable; pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.
- 110-200 cm : brun-jaune, (E 66), à assez abondantes taches jaune-rouge, (D 56), et taches grises, (D 10), à passage progressif, (les premières prédominant sur les secondes); structure diffuse; pseudomycélium gypso-calcaire rare; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.

Pas de plan d'eau.

Observations : Il s'agit plus de vermicules (de 1cm d'épaisseur) que de pseudomycélium.

Analyses : voir tableau 44.

Interprétation : Les chiffres de conductivité et le rapport Na/T nous montrent que le sol est salé à alcali. L'hydromorphie se manifeste dans le profil par un horizon gris-brun clair de 0 à 10 cm, un horizon à reflets gris-brun clair et brun-jaune clair de 60 à 80 cm, des taches gris-clair et des taches jaune-rouge en proportions variables de 80 à 200 cm.

Dans l'horizon superficiel, la matière organique existe en quantités appréciables (4 pour 100) et c'est ce qui explique la couleur de l'horizon superficiel. C'est la raison pour laquelle nous avons nommé ce sol hydromorphe humifère. Le sol étudié est donc salé à alcali, à hydromorphie hétérogène, hydromorphe humifère en surface, puis à horizon marmorisé, et à pseudogley en profondeur.

Le groupement à *Juncus subulatus* et *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum* se développe donc (compte tenu de l'extension des racines jusqu'à 80 cm.) sur un sol salé à alcali, à hydromorphie hétérogène (hydromorphie humifère sur horizon marmorisé).

25. Groupement à *Juncus subulatus* et *Salicornia arabica*.

Végétation : relevé n° 366 du tableau phytosociologique 5, effectué le 16 Août 1960.

PHASES MARECAGEUSES ET POST MARECAGEUSES

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide semi-aride, et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Centaureum spicatum

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne, des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Juncus subulatus
Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*
Cressa cretica
Aeluropus litoralis var. *repens*

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne à forte des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 40 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Crypsis aculeata
Cotula coronopifolia
Scirpus cernuus

d) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

PHASE A HYDROPHYTES

Nous avons pu observer d'assez abondantes Characées.

Dans ce relevé existe aussi *Koeleria hispidula* var. *typica* et *Atriplex inflatensis* var. *parvifolia*.

Le degré de recouvrement de la végétation atteint en moyenne 60 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Saint Victor (S V 5); date : 16 août 1960.

Localisation géographique : feuille Porto-Farina de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 414,60; 501,70.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée.

Description.

- 0-60 cm : brun-jaune (D 72), à taches jaune-rouge, (C 56), et taches grises, (D 10), abondantes à passage progressif, les premières prédominent sur les secondes; argileux; macrostructure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; rhizomes et radicelles; sec.
- 60-90 cm : brun-jaune, (D 72), à taches jaune-rouge, (D 56), et taches grises, (D 10), abondantes, à passage progressif, de taille moyenne, les secondes prédominent sur les premières; argileux; structure prismatique large, très diffuse recoupant une structure en plaquettes large, assez nette; pseudo-mycélium calcaro-gypseux, peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique prolongée; radicelles; frais.
- 90-100 cm : gris-clair, (C 90), avec peu abondantes taches jaune-rouge, (C 56), à passage progressif; argileux; structure diffuse (car humide), compacte, sans microporosité; gypse en vermicules allongés; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicelles; humide.
- 100-160 cm : brun-jaune, (D 72); argileux; structure diffuse (car humide), compacte, sans microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.
- 160-185 cm : gris-bleu; argileux; structure diffuse (très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte, modérée; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 185 cm.

Analyses : voir tableau 45

Interprétation : L'étude des analyses nous montre que le sol est faiblement salé à alcali en surface fortement salé à alcali à partir des horizons moyens (conductivité variant de 12 à 35,5 millimhos et rapport Na/T de 12,5 à 14); on constate ainsi que le rapport Na/T ne varie que de quelques unités. L'étude du profil nous indique l'existence d'un engorgement caractérisant une hydromorphie totale, hétérogène

— à taches jaunes-rouge et grises, les premières prédominant sur les secondes (0-60 cm), puis les secondes deviennent plus abondantes que les premières (60-90 cm),

TABIEAU 45

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Proondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé
									Cl	CO ₃ H	Na	Ca	Mg	
									meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	
SV 5	2.151	0- 25	12,5	8,0	2,1	29,6	0,5	57,6	118	1,8	82,5	22,5	18,0	12,5
	2.130	25- 50	20,0	7,7	4,12	32,0	1,2	59,2	157	2,0	152,5	38,0	39,0	13,0
	2.131	50- 75	28,0	7,7	0,77	33,3	1,2	61,6	260	1,6	235,0	55,5	62,5	15,0
	2.132	75-100	32,0	7,6	0,69	32,4	1,4	66,0	308	1,3	250,0	58,0	86,0	15,0
	2.134	100-125	34,0	7,6	0,77	31,6	1,2	64,0	335	1,5	270,0	70,0	80,0	15,0
	2.133	125-150	35,5	7,7	0,67	28,7	0,5	64,0	354	1,3	280,0	66,0	90,0	15,0
	2.136	150-175	34,0	7,7		32,4	0,9	65,2	324	1,6	255,0	64,0	86,0	14,0
	2.135	175-200	34,0	7,8	1,14	29,1	1,7	64,8	330	1,8	260,0	67,5	81,5	14,0

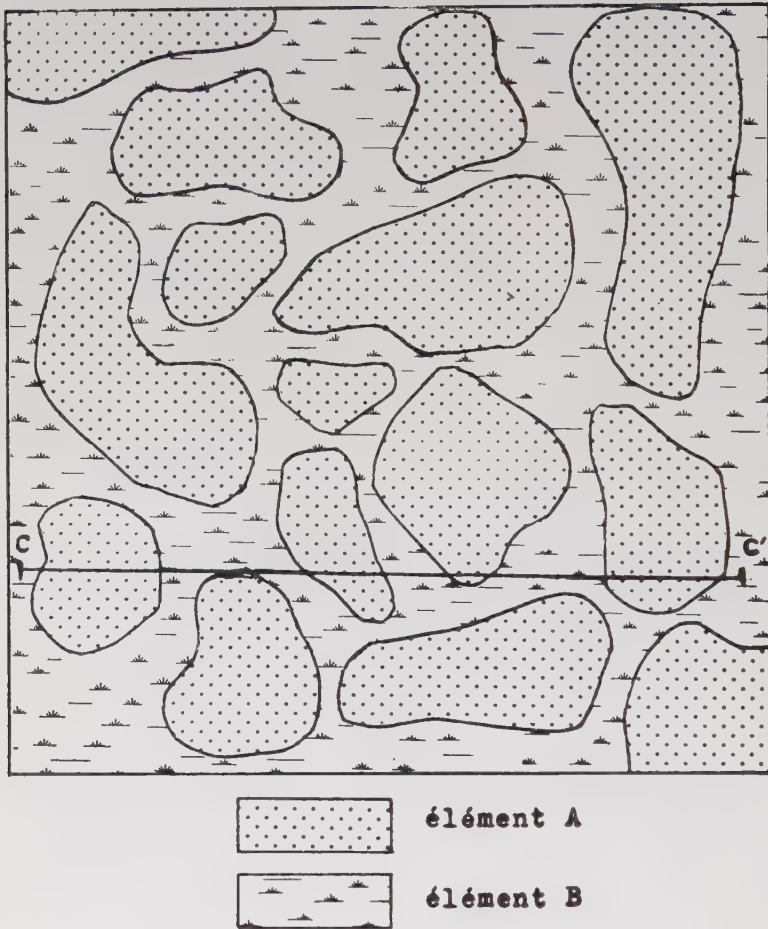
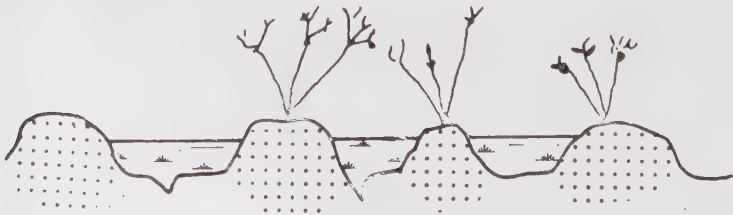


Fig. 6. — Schéma montrant la répartition de la végétation hétérogène constituée par le groupement à *Oenanthe globulosa* et *Phragmites communis* var. *isiacus* (élément A) et le groupe écologique à *Ranunculus aqualitis* et *Juncus Fontanesii* (élément B).



— à horizon gris de 90 à 100 cm et gris-bleu de 160 à 185 cm. Le sol étudié est donc salé à alcali, à hydromorphie totale, hétérogène, (à pseudogley en surface et à gley dans les parties moyennes et inférieures du profil). Le système racinaire des espèces du groupement ne s'étend que jusqu'à 100 cm. Le groupement à *Juncus subulatus* et *Salicornia arabica* caractérise un sol salé à alcali hétérogène (plus salé en surface qu'en profondeur) à hydromorphie hétérogène : pseudogley en surface, gley proche de la surface.

3. ETUDE DE LA MERJA EL DJEDARA

La Merja el Djedara est située près de Bizerte (Tunisie du Nord). Son étude illustre ce que l'on appelle dans toute l'Afrique du Nord et en Tunisie du Nord « les merjas ». Dans le cas étudié, il s'agit d'une dépression incomplètement fermée, où existe un léger écoulement des eaux des oueds en direction du lac de Bizerte.

Lorsque le milieu est homogène, il n'y a qu'un seul groupement, groupement à *Oenanthe globulosa* et *Phragmites communis* var. *isiacus*; lorsque le milieu est hétérogène, il s'y constitue, suivant la terminologie employée par Gounot (1956), une végétation à 2 éléments. Durant une période de l'année (2 à 3 mois environ), la totalité du marécage est inondée, puis le niveau de l'eau s'abaisse et s'écoule suivant des rigoles pendant 3 à 4 mois environ : c'est ce cas qui a été représenté figure 6. Ceci explique la présence, en B de plantes hydrophytes, nécessitant, comme on le sait, une tranche d'eau d'une certaine épaisseur, pour pouvoir accomplir entièrement leur cycle de développement. Nous allons donc étudier :

— *Elément A* : Groupement à *Oenanthe globulosa* et *Phragmites communis* var. *isiacus*.

— *Elément B* : Groupe écologique à *Ranunculus aquatilis* et *Juncus Fontanesii*.

Végétation : relevé n° 232 du tableau phytosociologique 4, effectué le 22 Août 1961.

1°) *Elément A* (Groupement n° 26). Il s'agit de la partie supérieure des monticules représentés figure 6.

a) Groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Festuca elatior var. *arundinacea*
Mentha pulegium
Cichorium Intybus ssp. *pumilum*
Lythrum hyssopifolia

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficiel-le faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité

allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*
Eryngium Barrelieri

c) Groupe écologique caractéristique de sol noir hydromorphe pour une conductivité allant jusqu'à 10-12 millimhos dans l'étage subhumide :

Oenanthe globulosa
Agrostis alba
Phalaris coerulescens
Ranunculus trachycarpus
Ranunculus macrotus
Deckerra aculeata

d) Variante non défrichée du groupe écologique d :

Juncus maritimus
Alopecurus bulbosus

e) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte, partielle ou totale pour une conductivité variant entre 10 et 100 millimhos :

Phragmites communis var. *isiacus*

f) Groupe écologique d'influence littorale :

Euphorbia paralias
Limonium Boitardii

La végétation de ces monticules est très dense, puisqu'elle atteint 100 pour 100.

Dans ce relevé existe aussi *Cynodon Dactylon* (espèce messicole, que l'on peut considérer ici comme accidentelle), *Trifolium isthmocarpum* var. *Jaminianum* et *Juncus bufonius* ssp. *eu-bufonius*.

2. Elément B : (Groupe écologique N° 27).

Ce sont des zones correspondant aux rigoles où l'eau s'écoule plus longtemps que sur les monticules (élément A) :

Ranunculus aquatilis ssp. *eu-aquatilis*
Juncus Fontanesii

La végétation de l'élément B est peu dense, atteignant au plus 10 pour 100.

Conditions édaphiques.

1° Elément A.

Numéro : Merdja el Djedara 1 (MDJ 1); date 10 septembre 1960.

Localisation géographique : Feuille Porto-Farina de la carte d'Etat-Major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 432,00; 504,60.

Caractères géomorphologiques : Dépression incomplètement fermée.

TABEAU 46

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait Saturé					Na — T calculé	Fer libre
								Cl meq/l	CO ₂ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
MDJ 1 A	683	0- 25	6,0	2,74	18,2	0,88	90,8	30	5,3	44	12,0	14,0	15,3	0,22
	660	25- 35	3,9	2,87	25,0	0,88	86,0	25	3,2	30	8,5	10,5	11,0	0,48
	677	35- 80	2,15	1,68	35,5	0,66	85,6	15		20	4,0	8,0	9,9	0,48
	694	80-130	1,1	1,03	40,6	0,44	88,4	10	3,4		2,0	8,0		0,45
B	362	0- 20	10,0	1,70	20,6	0,60	90,0	60	4,0	50	15,0	20,0	20,0	0,40

Description.

- 0-25 cm : brun-gris très foncé, (J 41), presque noir; argileux, à structure grumeleuse, nette, friable, macro et microporosité moyenne; gaines d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; traces de galeries et activité de vers; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, modérée; racines et radicelles très abondantes; sec.
- 25-35 cm : brun-foncé, (H 41), avec taches brun-olive clair, (E 74), peu abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique fine, microstructure polyédrique, fine, compacte; petites concrétions ferrugineuses, traces d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles, galeries de vers, débris de coquilles peu abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines, rhizomes et radicelles; sec.
- 35-80 cm : brun-rouge, (D 34); argileux; macrostructure prismatique fine, recoupant une structure en plaquettes fine, nette, compacte; concrétions calcaires peu abondantes, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles peu abondantes, rhizomes; sec.
- 80-130 cm : olive-pâle, (E 83), avec taches jaune-rouge, (D 58); argileux; macrostructure prismatique fine, microstructure cubique, fine, toutes deux nettes, compactes; abondantes concrétions calcaires; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, prolongée; racines, rhizomes, radicelles rares; frais.
- 130-155 cm : olive-pâle, (E 83), avec taches jaune-rouge, (D 46), abondantes, à passage progressif; argileux; macrostructure prismatique fine, microstructure cubique fine, la première nette, la seconde plus diffuse, toutes deux compactes; concrétions calcaires moins abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, prolongée; racines et radicelles, rhizomes peu abondants; frais.
- 155-195 cm : olive, (E 86); argileux; structure diffuse, compacte; concrétions calcaires peu abondantes; abondants débris de coquilles; racines et rhizomes mais ici ces éléments sont entourés de sulfures (dégageant SH_2 à l'acide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; humide.
- 195-235 cm : olive, (E 82); compacte, dégageant une odeur de sulfures dans la masse, auréoles gris-foncé autour des racines; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne; rhizomes; très humide

Plan d'eau à 235 cm.

2. Élément B :

Les deux premiers horizons ne s'observent pas dans ce profil; le reste est identique au profil précédent.

Analyses : voir tableaux 46 et 47. (Seules ont été pratiquées les analyses des horizons présumés salés).

TABLEAU 47

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables gros- siers
MDJ 1							
A	683	0- 25	50	29	10,0	4,0	2,5
	660	25- 35	55	37	1,5	1,5	2,0
	677	35- 80	60	28	4,0	1,5	1,5
	694	80-130	58	34	3,5	2,5	1,5

Interprétation : L'étude des analyses de l'élément A nous montre que le sol est salé à alcali en surface, non à alcali et non salé en profondeur. En surface existe une accumulation des sels les plus solubles, (chlorures, sulfates, magnésium, sodium); les sels les moins solubles (donc à indice de mobilité faible) ont été lessivés et se retrouvent dans les horizons profonds. D'autre part, en surface (0-25 cm) existe un horizon d'accumulation de matière organique bien évoluée (couleur gris-noir, structure grumeleuse). Par cette structure et l'horizon de matière organique bien évoluée, cet horizon se rapprocherait de celui d'un sol noir tropical hydromorphe, dont la définition a été donnée par G. Aubert (1954). De 35 à 155 cm, existe un horizon à concrétions calcaires, qui est un second horizon d'hydromorphie. Enfin, en profondeur on note la présence d'un horizon à gley. Le système racinaire s'étend jusqu'à la nappe. Aussi le groupement à *Oenanthé globulosa* et *Phragmites communis* var. *isiacus* se développe sur un sol salé hétérogène (faiblement salé à alcali en surface non salé et non à alcali en profondeur) à hydromorphie hétérogène : sol noir hydromorphe en surface puis horizon à concrétions, et horizon à gley.

Discussion : A l'horizon humifère noir correspond la présence du groupe (c); le groupe (e) indique l'existence d'un horizon à gley en profondeur; enfin la présence de groupe (b) s'explique par une intensité de l'hydromorphie faible moyenne sur le sommet des monticules.

La mosaïque de végétation ainsi décrite constitue ce que Neoustrouev (p. 47 du Manuel de Prospection pédologique, 1959) nomme microrelief phytogène; ce modelé est dû au développement de certaines espèces végétales dans les marécages; de telles formations ont été aussi décrites en France par Verger (1960) et rappellent le microrelief gilgai d'Australie.

4. GARAA D'ICHKEUL

Il existe, en bordure du lac Ichkeul (région de Bizerte, Tunisie du Nord) une vaste dépression fermée alimentée par les eaux des oueds Djoumine, Nantra, Melah, et les hautes eaux du lac Ichkeul. Deux groupements s'y rencontrent notamment, couvrant de vastes surfaces; le premier caractérise un degré de submersion élevé, avec stagnation de l'eau, le second une submersion moins élevée, mais avec une lente circulation de l'eau entre cette zone et le lac. Nous étudierons donc :

28. Groupement à *Scirpus lacustris* ssp. *eu-lacustris* et *Scirpus maritimus*.

Végétation : relevé n° 1.628 du tableau phytosociologique 5, effectué le 30 septembre 1960.

Il convient de distinguer deux phases, suivant qu'il s'agit d'hydrophytes se développant obligatoirement au-dessus d'une certaine tranche d'eau, ou d'espèces se développant lorsque le sol est simplement engorgé.

PHASES A HYDROPHYTES

Groupe écologique des hydrophytes se développant au dessus d'une tranche d'eau d'une certaine épaisseur et caractéristique d'une hydromorphie superficielle forte pour une conductivité variant entre 10 et 40 millimhos

Scirpus lacustris ssp. *eu-lacustris*

Damasonium Alisma ssp. *Bourgaei*

PHASE DU MARECAGE EN VOIE DE RESSUYAGE

Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne à forte des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumides et semi-aride supérieur :

Scirpus maritimus

Crypsis aculeata

Conditions édaphiques.

Numéro : Djebel Ichkeul 3 (DJI 3); date : 15 octobre 1960.

Localisation géographique : feuille Ferryville de la carte d'Etat-Major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 423,50; 476,00.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée, marécageuse.

Description.

- 0-10 cm : brun-gris, (E 81), avec traces d'oxydation après réduction préalable le long de radicelles; argileux; structure nuciforme à polyédrique moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; rhizomes et radicelles; sec.
- 10-30 cm : gris-foncé, (F 90), avec taches brun vif, (E 56), petites, peu abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique moyenne, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes et radicelles; sec.
- 30-60 cm : gris-foncé, (F 90), avec taches brun vif, (E 68), à passage progressif peu abondantes; argileux; structure diffuse, compacte; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.
- 60-75 cm : gris, (D 90), avec grandes taches jaune-pâle, (C 74); structure diffuse, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; humide.
- 75-125 cm : gris, (D 90), avec grandes taches gris-foncé, (F 90) et taches jaune-pâle, (C 74), de taille moyenne, à passage progressif; argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 125 cm.

Observations : une odeur d'hydrogène sulfuré se dégage des deux derniers horizons, et des empreintes profondes de sabots de Bovidés apparaissent à la surface du sol.

Analyses : voir tableau 48.

Interprétation : Le sol est salé faiblement à alcali sur tout le profil; en outre, de 10 à 60 cm existe une coloration grise assez uniforme et des taches brun vif. Nous observons en profondeur des grandes taches gris-foncé de sulfures. Enfin, il y a cimentation de l'horizon superficiel par les sabots des Bovidés, ce qui crée une couche très compacte. Le sol est donc à pédogénèse complexe : gley salé à alcali compact en surface, et beaucoup plus friable en profondeur.

Le système racinaire ne s'étendant que, jusqu'à 75 cm, le groupement à *Scirpus maritimus* et *Scirpus lacustris* se développe sur un gley salé à alcali.

TABLEAU 48

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Na — T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l			
DJI 1	690	0- 20	16			24,1	0,3	62	171	1,8	80,0	47	47	13,8	0,95	4,8
	358	20- 60	18,5	8,2		37,9	0,5	42	420	1,6	212,5	100	106	23,0	1,04	3,1
	654	60- 90	40	8,1		29,6	0,5	57	585	1,2	275,0	125	156	25,0	0,75	4,4
	385	90-110	50			29,6	0,4	54	615	1,4	300,0	133	157	26,8	0,92	4,5
	656	110-130	52	8,0		28,0	0,8	60								
	670	130-190	38			27,0	0,8	64	490	1,5	237,5	143	109	23,2	0,75	4,48
DJI 3	388	190-200	42													
	653	0- 10	12	7,8	4,43	27,5	0,4	62	97	2,6	45,0	59	34	7,5	0,81	4,5
	657	10- 30	13,5	8,0	4,55	23,3	1,0	66	114	2,2	57,4	59	38	9,9	0,78	4,2
	669	30- 60	12,5	7,9	3,21	23,3	1,2	67	94	2,4	57,5	46	33	10,9	0,85	4,35
	352	60- 75	11,5		1,22	16,2	3,8	67	32	1,6	55,0	43	29	10,8	0,95	4,3
	673	75-125	12,5	7,9	1,29	15,8	2,8	74	96	1,5	65,0	51	32	11,6	1,18	4,75

29. Groupement à *Typha angustifolia* ssp. *australis* et *Scirpus lacustris* ssp. *eu-lacustris*, facies à *Typha angustifolia* ssp. *australis*.

Végétation : relevé n° 1.626 du tableau phytosociologique 5, effectué le 30 septembre 1960.

a) Groupe écologique d'hydrophytes se développant au dessus d'une tranche d'eau d'une certaine épaisseur et caractéristique d'une hydromorphie superficielle forte pour une conductivité variant entre 10 et 40 millimhos :

Scirpus lacustris ssp. *eu-lacustris*
Damasonium Alisma ssp. *Bourgaei*

b) Groupe écologique d'hydrophytes se développant au-dessus d'une tranche d'eau et caractérisant une légère circulation de l'eau :

Typha angustifolia ssp. *australis*
Potamogeton pectinatus var. *vulgaris*

La végétation est ici très dense, pluristrate, atteignant 100 pour 100 de degré de recouvrement, et Typa y forme un faciès.

Conditions édaphiques.

Numéro : Djebel Ichkeul 1 (DJI 1); date : 3 novembre 1960.

Localisation géographique : Feuille Ferryville de la carte d'Etat-major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 422,80; 476,00.

Description.

0-20 cm : gris brun clair, (D 81), avec taches jaune-rouge, (D 58); argileux; structure litée, assez nette, microporosité faible; gaines d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines, rhizomes et radicelles; sec.

20-60 cm : brun-gris, (E 81), avec taches grises, (E 90), peu abondantes, à passage progressif, existent en auréoles autour des rhizomes; argileux; structure prismatique, large, nette, compacte, sans porosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

60-90 cm : jaune-pâle, (C 72), avec taches grises, (E 90), et taches jaune-rouge, (D 58), en même proportions, les taches jaune-rouge ont, lorsqu'on les étudie en détail, une partie centrale brun-gris très foncé passant très progressivement à la couleur jaune-rouge; argileux; structure diffuse, microporosité faible, effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne; radicelles; frais à humide.

90-110 cm : gris, (D 90), avec abondantes taches jaune-rouge, (D 58), à passage progressif; argileux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique forte, prolongée; radicelles; humide.

110-130 cm : gris, (D 10), avec grandes taches rouge-jaune, (E 58), nettes; argileux; structure en plaquettes, large, nette, compacte.

microporosité faible ; assez abondant pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.

130-190 cm : gris, (D 10), avec taches rouge-jaune, (E 58), grandes, nettes, moins abondantes que précédemment; sur la face lissée, souvent grandes taches rouge foncé, (H 34), à passage progressif; argileux; structure en plaquettes large, nette, compacte, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; humide.

190-200 cm : gris, (D 10), avec petites taches gris-foncé, (F 10), et rouge-jaune, (E 58), les secondes moins abondantes que les premières; structure diffuse (car humide); microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 200 cm.

Observation : Il existe un léger dégagement d'hydrogène sulfuré sur tout le profil.

Analyses : voir tableau 48.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est salé à alcali en surface, fortement salé à alcali sur le restant du profil; en outre, le profil montre une hydromorphie totale; celle-ci s'indique par

— une coloration gris-brun clair (0-20 cm) puis brun-gris (20-60 cm) avec des taches jaune-rouge puis grises.

— des taches grises et des taches jaune-rouge à passage progressif, toutes deux dans les mêmes proportions, (de 60-90 cm); ces taches se superposent dans certains horizons à d'autres taches jaune-rouge, grandes, nettes, (donc indiquant une hydromorphie ancienne) de 110 à 190 cm,

— la couleur grise des horizons de 110 à 200 cm. D'autre part, le système racinaire s'étend jusqu'à 200 cm; les résultats pédologiques sont donc totalement valables.

Le groupement à *Typha angustifolia* ssp. *australis* et *Scirpus lacustris* ssp. *eu-lacustris* se développe sur un sol fortement salé à alcali à hydromorphie actuelle, totale, hétérogène, et qui est sol hydromorphe, héritier, monophasé

— à taches et à gley en surface (0-60 cm)

— évoluant vers un pseudogley (de 60 à 90 cm) puis passant à un gley en profondeur (110-200 cm).

B. VEGETATION DES DEPRESSIONS FERMEES DE TYPE GARAA DE L'ETAGE ARIDE

L'exemple étudié concerne le groupement à *Salsola tetrandra* et *Arthrocnemum indicum*, qui, dans la région côtière du golfe de Gabès se localise en bordure de piedmont (groupement n° 30).

Végétation : relevé n° 1.093 du tableau phytosociologique 6, effectué le 1^{er} août 1961.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les étages semi- aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra
Suaeda fruticosa var. *longifolia*
Atriplex Halimus var. *Schweinfurthii*

b) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Mesembryanthemum nodiflorum
Schismus barbatus var. *calycinus*
Anacyclus cyrtolopidioides
Frankenia pulverulenta

c) Groupe écologique caractéristique de texture moyenne pour l'étage aride :

Plantago coronopus var. *Scleropus*
Ifloga spicata

d) Groupe écologique caractéristique d'un horizon à teneur importante en calcaire pour l'étage aride :

Reaumuria vermiculata
Frankenia pallida

e) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'hydromorphie forte, peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

Conditions édaphiques.

Numéro : Zarat 12 (Z 12); date : 2 août 1961.

Localisation géographique : feuille Mareth de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 339,30; 537,60.

Caractères géomorphologiques : dépression fermée.

Description.

0-20 cm : brun très pâle, (C 62), limono-sableux; grumeleux, porosité (macro et micro) moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

20-60 cm : brun-pâle, (C 61); limono-sableux; grumeleux; assez abondant pseudomycélium calcaro-gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

60-130 cm : brun pâle, (C 61); sablo-limoneux; polyédrique peu net; abondant pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; humide.

TABEAU 49

Numéros des profils	Numéros des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca Total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Na — T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
Z 12	51 B	0- 20	7,1	8,5	0,72	20,4	0,5	34	13	7,2	25	32,0	11,5	6,2
	450	20- 60	4,8	8,4	0,62	18,4	0,5	38	13	5,0	15	20,0	19,0	3,5
	451	60-130	18,5	8,2	0,51	11,8	0,4	40	153	2,6	100	43,0	61,5	15,9
	452	130-160	22,5	8,0	0,26	20,8	0,6	36	205	2,7	110	48,5	104,5	14,5

130-160 cm : brun-pâle, (C 61), à taches grises, (D 10), et blanches, (A 10), grandes, à passage progressif; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 160 cm.

Analyses : voir tableau 49.

Interprétation : Les chiffres de conductivité indiquent que le sol est faiblement salé à alcali en surface, salé à alcali en profondeur. Nous observons en outre, l'existence d'une hydromorphie partielle, hétérogène, se manifestant par un pseudomycélium calcaro-gypseux en surface, et en profondeur par un horizon à taches grises, qui rappelle le gley.

Discussion : La présence du groupe a reflète bien l'horizon de pseudomycélium, et de sol salé à alcali qui existe dans la partie moyenne du profil. L'existence d'un horizon moyennement salé, à gley, se traduit par la présence du groupe monospécifique e. Nous avons là encore un exemple de cette superposition d'horizons de salure différente auxquels correspondent des groupes écologiques distincts.

Compte tenu du système racinaire, le groupement à *Salsola tetrandra* et *Salicornia arabica* se développe sur un sol faiblement salé en surface, salé à alcali en profondeur, à hydromorphie faible en surface et plus forte en profondeur.

IV. CONCLUSIONS SUR LA VEGETATION HALOPHILE DES DEPRESSIONS FERMEES

Nous étudierons d'abord les facteurs conditionnant l'apparition et la zonation de la végétation halophile; dans un second paragraphe, nous établirons une comparaison entre la végétation des dépressions fermées et celle des plaines inondables. Dans un dernier paragraphe, nous exposerons les possibilités de mise en valeur des dépressions fermées.

Facteurs déterminant l'apparition et la zonation de la végétation halophile. — Dans tous les cas étudiés, chotts aussi bien que garaâs, conductivité et hydromorphie sont les deux principaux facteurs conditionnant l'apparition et la zonation de la végétation. Dans les chotts, l'apparition de la végétation halophile résulte essentiellement de la diminution de l'hydromorphie et d'une variation de la conductivité (dans le sens d'une diminution, voir page 125, ou d'une augmentation, voir page 114). Par contre, la zonation de la végétation résulte d'interactions plus complexes. Deux cas sont à distinguer, dépendant ou non du masquage de certains caractères pédologiques.

Cas où il n'y a pas masquage de certains caractères pédologiques. Nous devons envisager trois possibilités : (a), le facteur déterminant la zonation de la végétation est la variation de l'hydromorphie alors que la conductivité varie peu; c'est par exemple le cas de la coupe Douz N° 1 (voir page 114; (b), la variation de la conductivité (alors que l'hydromorphie est sensiblement constante) conditionne la variation de la végétation, (cf. coupe Douz N° 2 page 117); (c), cas le plus fréquent : la conductivité et l'hydromorphie varient en même temps, en diminuant d'une station à l'autre; souvent l'existence d'un encroûtement gypseux introduit des caractères différentiels et détermine ainsi la zonation.

Cas où il y a masquage de certains caractères pédologiques. — L'existence d'un encroûtement gypseux de nappe ne se traduit par la présence d'un groupe écologique caractéristique qu'entre certaines limites de conductivité; au-dessus d'un certain chiffre, et malgré la présence de l'encroûtement, il ne subsiste plus qu'une végétation halophile typique (*Arthrocnemum indicum* ou *Halocnemum strobilaceum*) caractéristiques exclusives de salure : tel est le cas de la coupe de Telmine (voir page 131).

Dans les garaâs, lorsque la durée de submersion est moyenne (cas de la garaâ d'Utique, page 140, nous observons une diminution parallèle de l'intensité des deux facteurs, et la zonation de la végétation est alors liée à cette double variation.

Comparaison des caractères de la végétation des dépressions fermées avec ceux de la végétation des plaines inondables. — A quelques exceptions près, la végétation des dépressions fermées se répartit en zones régulières couvrant des surfaces assez vastes, où le milieu est homogène : tel est par exemple le cas de la pelouse à *Horamaritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Scorzonera laciniata* (page 159), qui couvre près de 4.000 hectares dans la Basse Vallée de la Medjerdah. A cette homogénéité floristique correspond, nous avons pu le constater, une homogénéité écologique. Par contre, dans la végétation des plaines inondables, on rencontre assez souvent des milieux hétérogènes auxquels correspond une végétation à plusieurs éléments.

Dans la végétation des dépressions fermées de type garaâ, nous observons une grande diversité des groupements hydromorphes et faiblement salés, qui ne se retrouve pas dans la végétation des plaines inondables marécageuses et peu salées.

Possibilités de mise en valeur des dépressions fermées. — La mise en valeur des dépressions fermées pose des problèmes variés, tant hydrauliques qu'agronomiques. Les problèmes hydrauliques diffèrent, selon qu'il s'agit d'une dépression fermée alimentée par les eaux de ruissellement des oueds (garaet el Mabtouha), ou de dépressions alimentées, à la fois, par les eaux marines et les eaux des

oueds (garaâ d'Ichkeul). D'autre part les sols étudiés sont salés à alcalis, argileux, compacts en surface. L'apport d'amendements gypseux est exclu pour le moment. Le problème agronomique de mise en valeur de ces dépressions fermées consiste donc, une fois celles-ci assainies, à y introduire des graminées, susceptibles de servir de fourrage et d'amélioratrices des propriétés physiques du sol.

1. *Dépression fermée alimentée par les eaux des oueds.* — Lorsqu'un assainissement total est à réaliser, le problème fondamental consiste à dévier les eaux des oueds, avant qu'ils n'atteignent la dépression, à l'aide d'un canal de ceinture. Celui-ci évacue les eaux vers un point situé en contre-bas. Lorsque cette première mesure ne permet pas l'assainissement d'une tranche de sol suffisante, on établit un réseau d'assainissement intérieur permettant de rendre la nappe plus profonde. Tels ont été les travaux réalisés à garaâ El Haouaria et garaet El Mabtouha. Mais ces travaux ne permettent d'augmenter la productivité qu'à condition de pouvoir améliorer la structure du sol et, par là-même, ses propriétés physiques, ceci avant toute mise en culture.

Un assainissement total n'est pas toujours souhaitable. Tel est le cas pour la merja el Djedara, et la garaâ d'Ebba-Ksour : on y a pratiqué un assainissement rabattant la nappe à une profondeur importante. Or, le sol est faiblement salé à alcali. Il est donc nécessaire d'apporter des amendements dans de tels sols, avant de pouvoir les mettre en culture. Le coût de l'opération est assez élevé par rapport aux bénéfices escomptés. Dans ces zones de merjas, la nappe est douce, ou peu salée. Or, les études réalisées au Maroc par Grillot, de Brichambault (1957) ont montré, que le plan d'eau abaissé à un mètre, il y avait possibilité de réaliser des cultures fourragères d'été à rendement élevé qui auraient normalement demandé des irrigations d'appoint, (p. 121, 1957). Il existe des espèces (*Agropyrum elongatum* ou *Festuca elatior* var. *arundinacea*) qui tolèrent des teneurs élevées en sodium échangeable. On pourrait donc les introduire dans ces zones à condition que le régime de la nappe phréatique ne soit pas trop variable, et que l'eau soit susceptible d'alimenter les racines à la période voulue, par capillarité.

2. *Dépression fermée alimentée à la fois par les eaux des oueds et les eaux lacustres salées.* — Tel est le cas de la garaâ d'Ichkeul, zone marécageuse située à la périphérie du lac Ichkeul. A certaines périodes de l'année, les eaux du lac s'élèvent par suite d'un apport d'eau dû aux oueds qui s'y déversent. Le trop plein vient alors s'écouler dans la garaâ qui est une dépression surélevée par rapport au niveau des basses eaux du lac Ichkeul. La création d'un exutoire de profondeur suffisante permettait l'évacuation de l'excédent hivernal et l'assèchement de plusieurs milliers d'hectares; des variétés fourragères pourraient y être installées.

3 *Problème d'amélioration du sol.* — L'amélioration du sol demande des mesures préventives et des mesures curatives.

Mesures préventives. — Les sols des dépressions fermées et marécageuses présentent en surface un horizon formé de gros blocs très compacts. Or, l'observation montre que cette couche correspond à la zone malaxée par les sabots des Bovidés. Les empreintes laissées par ceux-ci atteignent, en effet, une profondeur de 20 cm; ceci permet la formation d'une couche indurée (voir page 143). Le phénomène existe à un degré plus faible dans les zones moins marécageuses (groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eumaritimum* et *Scorzonera laciniata*). Il est nécessaire, comme mesure préventive, d'interdire le pacage dans les dépressions fermées argileuses et salées à alcali, tant que le sol ne s'est pas ressuyé.

Mesures amélioratrices. — Par suite d'une teneur élevée en sodium échangeable et en argile, la perméabilité des dépressions fermées déjà assainies est très faible. D'autre part, l'apport d'amendement gypseux est exclu pour le moment. Il paraît donc nécessaire d'essayer d'améliorer le sol par introduction d'espèces fourragères tolérantes au sels (*Agropyrum elongatum*, où d'autres écotypes améliorés).

Les propriétés améliorantes du sol par les racines des graminées sont bien connues (Russel E. W., 1938). Des essais ont été effectués par MM. Cointepas et Thiault, par semis de *Festuca elatior* var. *arundinacea* dans la pelouse à *Hordeum maritimum* de Garaet el Mabtouha (sol salé à alcali argileux, compact en surface). Les observations ont montré que l'enracinement de la Fétuque se localisait surtout dans l'horizon le plus superficiel. D'autres observations (Chauvel) ont montré que les racines des Fétuques spontanées en présence de blocs prismatiques, n'arrivaient pas à les pénétrer, et se localisaient à la périphérie de ces blocs. Il semble donc que dans les cas étudiés, la *compacité du sol* soit le facteur limitant la pénétration des racines. Un labour profond suivi d'un sous solage seraient donc nécessaires pour améliorer les propriétés physiques du sol, avant l'installation des Graminées.

Entretien du pâturage. — Nous devons nous rappeler que le but de l'essai n'est pas obtenir le maximum de matière verte, mais d'améliorer le sol. Cette amélioration est en relation directe avec l'extension du système racinaire, qui se développe peu lorsque la plante est soumise à un pâturage excessif (Weinman H. 1948).

D'autre part, l'effet améliorateur dû à l'introduction des graminées serait détruit si le bétail recommence à tasser le sol en période humide.

Pour ces deux raisons, il paraît préférable d'envisager la création de prairies de fauche plutôt qu'un pâturage direct.

QUATRIEME PARTIE

**VEGETATION HALOPHILE DES BOURRELETS
EOLIENS ARGILEUX DE BORDURE DE SEBKHA**

VEGETATION HALOPHILE DES BOURRELETS ÉOLIENS ARGILEUX DE BORDURE DE SEBKHA

I. GENERALITES

Dans ce paragraphe, nous étudions la végétation halophile se développant sur des types géomorphologiques résultant de la déflation éolienne des sebkhas, plus précisément celle se développant sur des formes d'accumulation argileuses. Certes, il existe des bourrelets éoliens sableux, mais la végétation qui s'y développe n'est pas aussi diversifiée que dans les autres cas; d'autre part, ces formes d'accumulation ne sont pas aussi répandues que les premières et ne permettent pas de comparaison généralisée. Le mécanisme qui est à l'origine de l'accumulation est le suivant : dans des zones bien définies, sebkhas argileuses le plus souvent, se forme un « pseudosable » argileux (structure poussiéreuse des pédologues). Le vent le transporte et l'accumule sous sa forme originelle en bordure de la sebkha. Il en résulte des microdunes argileuses ou des formations plus spécifiques, *bourrelets éoliens* ou *lunettes*. Les bourrelets éoliens sont des accumulations situées à la périphérie des sebkhas; ils n'ont aucune forme définie et leur hauteur est assez variable. Dans le cas de la lunette, qui est une forme particulière de bourrelet éolien le pseudosable s'accumule en forme de demi-lune en bordure de la sebkha, le côté sous le vent de la dune étant le plus abrupt, ce qui est le cas opposé des dunes sableuses, du type barkhane. En Afrique du Nord, le mécanisme de formation du pseudosable et des formes d'accumulation qui en résultent ont été étudiées de façon très détaillée par Boulaine (1953, 1954, 1957). En ce qui concerne notre étude de la végétation halophile, il n'y a pas de différence entre la végétation des lunettes et celle des bourrelets éoliens. Ces derniers étant les plus répandus, nous les étudierons plus spécialement. En Tunisie, des travaux de M. Jauzein ont montré que les lunettes et bourrelets sont postflandriens.

Par quels processus s'explique la *formation* du pseudo sable argileux ? Deux théories existent; selon celle de Tricart (1954, a), il se forme d'abord, à l'intérieur d'une vase qui se dessèche, des cristaux de sels. Ceux-ci, nourris par les solutions salées qui baignent encore la vase, augmentent progressivement de taille à l'intérieur de la masse, provoquant, suivant la propre expression de Tricart, un « labourage par cristallisation », ce labourage déterminerait la formation du pseudosable. D'autres auteurs, tels Bou'aine (p. 14, 1954), pensent que ces micromottes de pseudosable se formeraient par floculation, sous l'effet d'une forte teneur en sels.

TABLEAU 50

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins 50 γ	Sables fins		Sables grossiers		
						100 γ	200 γ	500 γ	1000 γ	2000 γ
A (dispersion)	366	0-2	19	16	23,0	35,0	11,0	7,5	2,5	1,0
	386	0-6	34	22	24,5	10,0	4,0	2,5	1,0	0
B (tamisage)	366	0-2				8,0	20,0	45,0	22,5	2,0
	386	0-6				7,5	22,8	44,5	21,0	2,6

Le mécanisme exact de la formation du pseudosable ne paraît donc pas définitivement établi. La composition granulométrique en est assez particulière : en effet, le tamisage à sec qui permet de séparer les fractions les plus grossières, montre que le diamètre moyen des particules s'échelonne surtout entre 100 et 1000 μ (voir analyse B du tableau 50); dans ce cas, il y a 70 pour 100 de sables grossiers et 28 pour 100 de sables fins; apparemment, la fraction grossière représente 98 % de l'échantillon. Or, une étude de ce même échantillon par les méthodes granulométriques de séparation des fractions les plus fines (méthode d'attaque par dispersion, voir analyse A du tableau 50) nous montre que 60 pour 100 de l'échantillon sont constitués par des particules dont le diamètre moyen est inférieur à 50 μ ce qui correspond à la fraction moyenne à fine. La majorité de l'échantillon est donc en réalité constituée par une fraction moyenne à fine. Ainsi, la texture grossière n'est qu'apparente, les analyses par dispersion nous montrent que la texture réelle est fine.

Le transport du pseudosable argileux vers la périphérie de la sebkha peut s'accomplir de deux manières

— par saltation où déplacement des agrégats les plus gros à la surface de la sebkha et formation de ripple marks;

— par déflation : balayage et entrainement des agrégats les plus petits par des vents se déplaçant dans toute la région, où des vents locaux (dus à des phénomènes de turbulence particuliers au bord des sebkhas). En réalité, la formation de ces phénomènes de turbulence fait intervenir des mécanismes mal connus. Quoiqu'il en soit,

il en résulte des formes d'accumulation actuelles (où les phénomènes d'apport éolien se continuent) ou anciennes (où cette accumulation ne se produit plus); ces deux subdivisions correspondent aux deux paragraphes de notre étude.

II. RELATION ENTRE LA VEGETATION ET LES FORMES ACTUELLES D'ACCUMULATION DU PSEUDOSABLE

L'exemple étudié concerne une partie d'un bourrelet éolien situé à Hergla (route de Tunis à Sousse, Sahel de Tunisie).

Végétation : relevé n° 1.638 du tableau phytosociologique 2, effectué le 15 juin 1962.

a) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Mesembryanthemum nodiflorum
Frankenia pulverulenta

Le degré de recouvrement de cette végétation ne dépasse pas 15 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : Hergla 3; date 20 juin 1962.

Localisation géographique : feuille Sidi bou Ali de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 550,40; 301,00.

Description.

0-6 cm : brun clair, (E 64); structure poussiéreuse; argileux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

6-15 cm : brun, (D 64); argileux; structure prismatique fine, nette, friable, à forte porosité, tant macro que micro; pseudomycélium calcaro gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique courte; ni racines ni radicelles; sec.

15-90 cm : brun, (D 64); argileux; structure diffuse; porosité (tant macro que micro) forte; quelques minces lits de sable fin; ni racines ni radicelles; frais.

90-124 cm : brun, (D 64); argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais à humide.

124-164 cm : brun, (D 64), avec taches jaune rouge, (D 58) et taches gris foncé, (D 90), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines ni radicelles; humide.

164-200 cm : gris foncé, (F 10), avec taches jaune rouge (D 58), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes large, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, longue; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé

Analyses : voir tableaux 51 et 52.

TABLEAU 51

N° du profil	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins		Sables grossiers			Gravier % de terre totale
H 3	366	0-2				8,0	20,0	45	22,5	2,0	
	386	0-6				7,5	22,8	44,5	21,0	2,6	
	398	6-15	34	25	5,0	21,5		2,5			7
	399	15-90	35	24	7,5	17,5		5,0			7
	406	90-124	43	25	7,5	7,5		5,0			8
	411	124-164	41	16	6,0	14,0		10,0			8
	445	164-200	47	13	7,0	10,0		9,0			8

Interprétation : Nous pouvons constater d'après les analyses, que la conductivité varie de 175 à 86 millimhos et le rapport Na/T se situe entre 50,7 et 73. Le sol est donc très fortement salé à alcali. Contrairement aux sols de sebkhas où l'accumulation des sels en surface est due à l'évaporation des solutions salées, les valeurs élevées de la conductivité en surface (0-6 cm) correspondent à l'apport le plus récent de pseudosable.

TABLEAU 52

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					SAR	Na calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
H 3	386	0 - 6	175	8,0		6,7	5,2	45	2.975	10,0	2.500	113	382	159,2	69,9	0,17	4,6
	398	6 - 15	93	8,2	1,08	8,5	2,3	52	1.155	1,2	915	119	220	70,3	50,7	0,11	4,8
	399	15 - 90	80	8,4		8,5	4,7	55	870	1,3	810	72	176	73,0	51,5		
	406	90-124	90	8,0	0,72	10,8	4,0	64	1.055	1,2	1.016		219	84,0	55,5		
	411	124-164	86	8,5		13,1	6,6	56	990	1,1	922,5	62	212	78,8	53,4		
	445	164-200	100	8,4		12,1	7,5	56	1.355	1,0	1.125	88	242	87,9	56,5		

En outre, l'examen du profil H 3 nous montre

— un horizon à structure poussiéreuse en surface (0-6 cm), avec un horizon limono-argileux à forte porosité de 6 à 90 cm; il s'agit vraisemblablement de couches à structure poussiéreuse ayant subi un début de tassement, mais qui conservent encore de leur origine éolienne ce caractère de forte porosité;

— un horizon à structure prismatique fine (6-15 cm),

— au dessous des horizons correspondant à cette accumulation actuelle, existe un horizon (124-164 cm) à pseudogley et, enfin, un horizon à gley (164-200 cm).

Comparons un tel type de sol avec les sols éosolontchaks de Bou-laine (p. 284, 1957). Nous constatons par rapport à ceux-ci les différences suivantes

— l'existence dans le profil d'une porosité importante en surface et décroissant avec la profondeur.

— le sol présenté dans cette étude résulte d'une accumulation éolienne se produisant encore actuellement.

— il commence à y avoir un début de structure, puisqu'il existe au dessous de l'horizon à structure poussiéreuse, un horizon où on observe une tendance à la formation d'une structure prismatique fine. Pour ces raisons, nous nous proposons d'appeler ce sol, salé à alcali de déflation éolienne vive.

Le groupe écologique qui se développe sur ce sol salé à alcali, (nommé sol salé à alcali d'origine éolienne) étend ses racines dans l'horizon correspondant au pseudo-sable; ailleurs il caractérise des sables fins salés. Autrement dit, ce groupe écologique qui dans toute la Tunisie caractérise des sols salés dont la *texture réelle* est celle des sables fins, se développe également dans des sols dont la *texture apparente* est analogue à celle des sables fins. Ceci tend à prouver qu'il y a, dans ce cas, un véritable « masquage » de la texture réelle du sol, mais évidemment cela ne constitue qu'une exception dans l'étude des relations sol-végétation.

La teneur en sels solubles est de loin supérieure à celle correspondant au groupe écologique typique sur sable fin et salé.

Une étude détaillée de la couche de 0 à 6 cm nous permet une explication; cet horizon est en réalité constitué par deux horizons distincts, un de 5 cm et qui est du pseudosable, un second de 1 cm qui est un lit de cristaux de sels; les racines n'exploitent qu'une partie (3 cm) de la première couche, où la conductivité atteint 40 mil-limhos, alors que dans le lit de cristaux de sels, elle est de 240 mil-limhos.

Il s'agit d'un facies à *Mesembryanthemum nodiflorum* du groupe écologique à *Mesembryanthemum nodiflorum* et *Frankenia pulverulenta*. Ces faits seraient à rapprocher des observations de Simonneau (p. 147, 1952) qui signale la présence de *Mesembryanthemum nodiflorum* dans la sebkha argileuse de Ben Ziane.

III. ETUDE DE LA VEGETATION HALOPHILE DES BOURRELETS EOLIENS DE FORMATION ANCIENNE

On étudiera des exemples de bourrelets simples, où la végétation est homogène sur tout le bourrelet, et des bourrelets complexes, où la végétation est hétérogène.

A. VEGETATION DES BOURRELETS EOLIENS SIMPLES

Nous exposerons d'abord des exemples de bourrelets éoliens situés dans des conditions climatiques différentes; enfin, le cas des bourrelets fortement salés sera traité séparément. Nous étudierons successivement

— Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Hedysarum carnosum* (végétation des bourrelets éoliens de l'étage aride supérieur à hiver tempéré).

— Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Hedysarum coronarium* (végétation des bourrelets éoliens de l'étage subhumide).

— Groupe écologique monospécifique à *Arthrocnemum indicum* (bourrelet éolien fortement salé à alcali).

31. Groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Hedysarum carnosum* (végétation des bourrelets éoliens de l'étage aride supérieur à hiver tempéré).

Dans l'étage aride supérieur à hiver tempéré, et plus particulièrement la plaine de Kairouan, les bourrelets éoliens constituent des formes de relief appelées drâa.

Végétation : relevé n° 1.649 du tableau phytosociologique 1, effectué le 30 juillet 1962.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les étages semi-aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra

Suaeda fruticosa var. *longifolia*

b) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Schismus barbatus var. *calycinus*
Koeleria pubescens ssp. *villosa*

c) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, et d'une conductivité inférieure à 10 millimhos :

Launaea resedifolia ssp. *eu-resedifolia*
Trigonella maritima var. *leiosperma*
Stipa retorta

d) Groupe écologique messicole caractéristique de sol à texture fine et d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité inférieure à 15 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Scorzonera laciniata
Picris echioides

e) Groupe écologique des sols de texture moyenne de l'étage aride, pour une conductivité inférieure à 15 millimhos :

Plantago Coronopus var. *scleropus*
Centaurea melitensis
Adonis dentata var. *microcarpa*
Plantago ovata
Erodium ciconium
Artemisia herba alba

f) Groupe écologique indifférent à la texture, caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans l'étage aride supérieur :

Leontodon hispidulus ssp. *Mulleri*
Filago mareotica

g) Groupe écologique messicole, indifférent à la texture dans l'étage aride :

Bupleurum semicompositum
Bromus hordeaceus var. *mollis*

h) Groupe écologique caractéristique d'horizon gypseux pour l'étage aride supérieur :

Atractylis cancellata
Reaumuria vermiculata

i) Groupe écologique nitrophile, indifférent à la texture pour une conductivité allant jusqu'à 40 millimhos dans l'étage aride :

Hordeum murinum
Plantago lagopus
Marrubium Alysson

j) Groupe écologique caractéristique de sol salé à alcali à texture moyenne, bien drainé, pour une conductivité variant entre 30 et 80 millimhos dans l'étage aride :

Salsola vermiculata var. *villosa*

TABLEAU 53

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé				S A R	Na T calcu- lé	Fer libre
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
Ka 21	871	0-35	18,0	8,0	0,82	24,3	3,4	48,0	160	6,0	130,0	37	56,0	21,5	0,64
	872	35-120	20,8	8,2	0,36	20,0	1,1	40,0	140	4,0	180,0	23	64,0	28,0	0,53
	873	120-200	24,0			20,9	0,5	40,0	190	3,0	205,0	21	71,0	30,5	
P 1	488	0-10	11,5			31,3	0,66	41,2	90	1,9	45,0	58	18,0	8,4	0,50
	487	10-25	5,8			29,6	1,48	43,2	30	2,3	17,5	32	18,7	3,6	0,50
	485	25-55	7,8			29,6	1,44	71,2	35	2,6	52,5	24	26,5	12,0	0,62
	872	55-110	8,6			30,5	0,74	72,0	45	2,2	61,2	20	22,0	15,6	0,50
	871	110-200	5,0			52,5	0,37	72,0	30	2,5	35,0	8	7,5	15,0	0,64

k) Groupe écologique caractéristique des marnes bien drainées de l'étage aride supérieur :

Hedysarum carnosum

Conditions édaphiques.

Numéro : Kairouan 21 (Ka 21); date 30 Juillet 1962.

Caractères géomorphologiques : bourrelet éolien de bordure de sebka.

Caractères géographiques : feuille Sebka Kelbia au 1/50000° de la carte d'Etat-Major de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 522,50; 278,60.

Description.

TABLEAU 54

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ka 21	871	0-35	28	34	15,0	18,5	0,5
	872	35-120	34	17	4,5	22	19,5
	873	120-200	33	16	4,0	18,5	26,5
P 1	488	0-10	51	30	7,0	5,5	1,5
	487	10-25	61	28	2,5	6,0	1,5
	485	25-55	61	28	3,0	5,5	1,5
	872	55-110	62	25	5,0	2,5	0,5
	871	110-200	63	25	3,0	4,0	1,0

0-2 cm : voile éolien, jaune pâle, particulière lâche.

2-35 cm : brun-clair, (E 64), limono-argileux; structure prismatique fine, nette, friable, poreuse; pétri d'amas gypseux microcristallisés ou de gypse sous forme lenticulaire; pseudomycélium gyp-

seux abondant; quelques taches blanches de $\text{Co}_3 \text{Ca}$; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicules abondantes; sec.

35-120 cm : jaune pâle, (C 74); sablo-argileux; structure diffuse, compacte; les amas de gypse microcristallisé sont moins abondants; pseudomycélium gypseux rare; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines ni radicules; sec.

120-200 cm : jaune-pâle, (C 74), avec taches gris-bleu, nettement individualisées, peu abondantes à la partie supérieure de l'horizon plus abondantes vers le bas; sablo-argileux; structure diffuse, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, courte; ni racines ni radicules, sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 53 et 54.

Interprétation : l'examen des chiffres de conductivité nous montre un lessivage des sels solubles; en même temps, le rapport Na/T est supérieur à 15 pour tout le profil. En outre, l'étude morphologique nous montre une coloration plus foncée de l'horizon superficiel (2-35 cm). L'analyse de la teneur en matière organique nous indique une accumulation en surface, mais les chiffres sont inférieurs à ceux des sols steppiques typiques (G. Aubert, 1960). Il y a donc évolution de ce sol salé à alcali vers la steppisation. (Ce sol ne peut être appelé sol steppique jeune car il n'y a pas encore lessivage du $\text{Co}_3 \text{Ca}$; c'est donc un sol steppisé).

Ce qui caractérise également la végétation de ce bourrelet éolien, c'est l'existence simultanée (et qui ne se produit nulle part ailleurs que dans ce type géomorphologique), des groupes écologiques, (a) (sol salé à alcali sans nappe phéatique) et (k), qui habituellement se développe sur des marnes bien drainées.

En résumé, le groupement à *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* et *Hedysarum carnosum* se développe sur des bourrelets éoliens argileux, salés à alcalis steppisés, de l'étage aride supérieur à hiver tempéré.

32. Groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Hedysarum coronarium* (végétation des bourrelets éoliens de l'étage subhumide).

Ce bourrelet éolien fait partie d'un système de petites collines longeant l'oued Medjerdah (Tunisie du Nord).

Végétation : relevé n° 1.622 du tableau phytosociologique 3.

a) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Lepturus cylindricus
Ammi Visnaga

b) Groupe écologique messicole caractéristique de texture fine et de conductivité inférieure à 15 millimhos pour l'étage semi-aride supérieur :

Phalaris canariensis ssp. *brachystachys*
Ridolfia segetum
Daucus aureus
Bupleurum odontites
Mantisca Duriaci var. *tenella*
Scandix pecten veneris
Poa bulbosa

c) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé, dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Phalaris paradoxa ssp. *eu-paradoxa*
Picris echioides
Capnophyllum peregrinum
Lolium rigidum var. *genuinum*

d) Groupe écologique messicole caractéristique de texture moyenne à fine dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Cynodon Dactylon var. *genuina*
Torilis nodosa f. *bracteosa*
Eryngium campestre
Anacyclus clavatus
Carlinu corymbosa

e) Groupe écologique monospécifique caractéristique des sols marneux, bien drainés, pour les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Hedysarum coronarium

Conditions édaphiques.

Numéro : Protville 1 (P1); date : 10 Septembre 1960.

Caractères géomorphologiques : bourrelet éolien de bordure d'ancienne sebkha.

Localisation géographique : feuille Ariana de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 514,50; 410,35.

Description.

0-10 cm : jaune pâle, (C 74); argileux; structure nuciforme fine, nette, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicules abondantes; sec.

10-25 cm : jaune pâle, (C 74); argileux; structure prismatique large, nette, compacte, sans microporosité, recoupant une structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles abondantes; sec.

25-55 cm : jaune pâle (C 74); argileux; structure prismatique large, nette, très compacte, microporosité nulle; gypse microcristallisé formant des petites poches, quelques débris de coquilles de gastéropodes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

55-110 cm : brun jaune clair, (D 74); argileux; structure prismatique large, nette, très compacte, recoupant une structure en plaquettes moyenne, moins nette que précédemment; gypse microcristallisé formant des petites poches, plus abondantes que dans l'horizon précédent; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

110-200 cm : brun, (D 64); argileux; macrostructure prismatique large et irrégulière, microstructure à tendance cubique, une certaine microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 53 et 54.

Interprétation : L'étude des analyses du profil P1 nous montre que la conductivité dépasse 10 millimhos en surface et diminue en profondeur. Le sol est donc

— salé, et à alcali pour les horizons de 0 à 25 cm.

— faiblement salé à alcali en profondeur. L'examen des profils nous montre en outre qu'il existe une macrostructure prismatique large recoupant une microstructure en plaquettes.

Il s'agit donc d'un sol salé hétérogène, salé à alcali en surface avec des horizons profonds faiblement salés à alcalis.

Discussion : Comparons la végétation se développant sur ces bourrelets éoliens avec celle des sols argileux de la plaine voisine. On constate la présence dans les deux cas du groupe écologique à texture fine des sols mal drainés (groupe écologique à *Picris echioides*). On note en plus sur le bourrelet l'existence

— du groupe écologique monospécifique à *Hedysarum coronarium* se développant sur des marnes bien drainées.

— du groupe écologique à *Hordeum maritimum* caractérisant l'existence d'un sol à alcali.

Il faut noter que, comme pour le groupement 31, il y a présence simultanée du groupe à *Hordeum maritimum* et du groupe écologique

à *Hedysarum coronarium* (homologue de *Hedysarum carnosum* dans des zones à pluviométrie plus élevée).

Il s'agit donc dans l'ensemble d'une végétation très proche des sols à texture fine de la Basse Vallée de la Medjerdah (p. 178, Gounot, 1958) avec en plus existence des groupes indicateurs de sol à alcali.

33. Groupe écologique monospécifique à *Arthrocnemum indicum* (bourrelet éolien fortement salé à alcali).

Végétation : il existe des bourrelets éoliens fortement salés à alcalis, où la végétation a un faible degré de recouvrement; l'exemple choisi concerne le groupe écologique monospécifique à *Arthrocnemum indicum*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Hergla 4; date : 30 Mars 1960.

Caractères géographiques : bourrelet éolien de bordure de sebha.

Localisation géographique : feuille Sidi bou Ali de la carte d'Etat-Major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 301,10; 550,30.

Description.

0-2 cm : surface du sol recouverte de plaques squameuses et argileuses, polygonales, lisses.

2-20 cm : brun très pâle, (C 54); limono-argileux; macrostructure prismatique, microstructure polyédrique à tendance cubique, nette, compacte, sans microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

20-50 cm : brun très pâle, (C 54); limono-argileux à macrostructure cubique plus irrégulière; tache de gypse dans les 20 premiers centimètres légèrement plus abondantes que dans le reste de l'horizon; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée, radicelles, sec.

50-100 cm : brun très pâle, (C 54); argileux; structure cubique à polyédrique moyenne, nette, compacte, sans microporosité appréciable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

100-150 cm : brun très pâle, (C 54); limono-argileux; structure polyédrique irrégulière moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles, frais.

Pas de plan d'eau.

Analyses : voir tableaux 55 et 56.

Interprétation : L'étude des analyses montre qu'il s'agit d'un sol très fortement salé à alcali présentant un léger lessivage en sels solubles en surface (chiffres de conductivité variant de 39 à 67 milimhos et rapport Na/T de 40 à 53 %). Ainsi, le groupe écologique monospécifique à *Arthrocnemum indicum* qui se développe sur ces types de bourrelets éoliens indique l'existence d'un ancien sol de déflation éolienne fortement salé à alcali sur tout le profil, non hydro-morphe.

B. VEGETATION DES BOURRELETS EOLIENS COMPLEXES

Dans certains cas, l'étude de la végétation permet de mettre en évidence la complexité d'une forme de relief apparemment simple. L'exemple étudié concerne un bourrelet éolien situé à Hergla (Tunisie du Centre, région côtière). La figure 7 montre la topographie faiblement ondulée du bourrelet et l'emplacement des profils, de même qu'une coupe de la végétation.

Végétation : L'étude de la zonation de la végétation indiquée figure 7 montre l'existence d'un certain nombre d'espèces du Centre et du Sud tunisien (*Anabasis oropediorum*, *Zygophyllum album*) dans une zone où climatiquement ils ne peuvent plus se développer : en réalité l'influence côtière dans cette station est importante et explique la présence de ces espèces; elle ne peut expliquer la présence du groupe écologique à *Mesembryanthemum* caractéristique des sables fins et qui se développe également sur le bourrelet fonctionnel de Pont du Fahs. En outre dans la station correspondant au profil H2 on note la présence d'espèces caractéristiques de sols limono-argileux non salés coexistant avec *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia*, espèces caractéristiques de sols salés à alcalis. En même temps, apparaît *Hedysarum carnosum*, qui remplace sous ce climat son homologue, *Hedysarum coronarium*, espèce caractéristique des sols marneux bien drainés.

Dans la station correspondant à H2, nous observons une disparition de toutes ces espèces excepté *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia*.

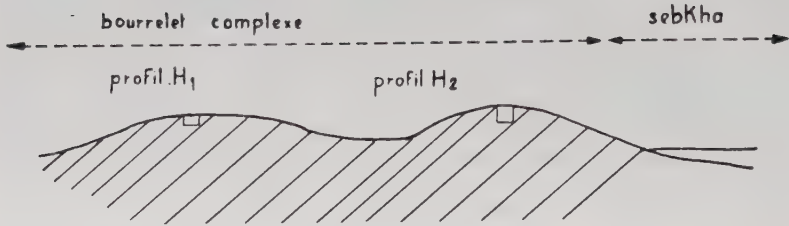
Conditions édaphiques.

Profil H1

Numéro : H1, date : 30 mars 1960.

Caractères géomorphologiques : bourrelet éolien de bordure de sebkha.

Coordonnées Lambert : 301,20; 550,40.



	H 1	H 2
<i>Suaeda fruticosa</i> var. <i>longifolia</i>	++	
<i>Suaeda fruticosa</i> var. <i>brevifolia</i>	++	32
<i>Salsola tetrandra</i>	++	++
<i>Atriplex glaucus</i>	21	
<i>Eragrostis Barrelieri</i>	++	
<i>Stipa tortilis</i> var. <i>retorta</i>	++	
<i>Anabasis oropediorum</i>	++	
<i>Hedysarum carnosum</i>	++	
<i>Zygophyllum album</i>	++	
<i>Lygaeum spartum</i>	++	
<i>Plantago coronopus</i> ssp. <i>eucoronopus</i>	32	
<i>Medicago hispida</i> var. <i>lappacea</i>	32	++
<i>Ifloga spicata</i>	++	
<i>Zollikoferia nudicaulis</i>	R	
<i>Filago gallica</i> ssp. <i>spathulata</i>	++	
<i>Sphenopus divaricatus</i>		R

Fig. 7. — Schéma de la topographie du bourrelet complexe de Hergla, de l'emplacement des profils, et de la végétation (voir page 205).

TABEAU 56

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₃	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
H 1	A 87	0-22	4,4	8,2	0,41	2,97	3,5	32	7	7,6	100,0	29	19,0	1,25	0,85	0,76	0,9
	A 88	22-42	12,5	8,0	0,41	8,9	7,4	42	40	6,5	675	20	26,0	21,2	23,7	0,63	1,68
	A 89	42-104	24,0	8,0	0,31	21,2	1,0	44	150	5,5	190,0	20	56,0	31,0	30,8	0,64	1,79
	A 90	104-150	27,5	8,2	0,26	20,0	0,4	40	175	5,0	250,0	19	69,0	37,8	35,4	0,67	1,9
H 2	A 86	0-10	22,0	8,0	0,98	7,5	4,3	62	225	4,0	171,3	16	65,0	27,2	27,8	0,12	1,5
	A 99	10-25	35,0	7,8	1,02	7,1	4,0	60	290	4,0	343,0	17	76,0	50,4	42,5	1,09	1,5
	A 100	25-190	62,0	7,8	1,93	6,7	2,8	60	680	3,5	675,0	38	132,0	73,3	51,5	1,18	2,2
H 4	A 51	0-20	39,0	8,0	0,78	5,0	4,8	60	350	4,0	343	28	82,0	46,3	40,3	1,2	1,5
	A 52	20-50	67,0	7,8	0,83	4,6	4,5	56	745	5,0	675	19	168,0	70,3	50,5	0,90	1,2
	A 53	50-100	67,0	7,8	0,83	4,2	3,7	66	685	4,5	675	18	154,0	72,9	51,0	0,81	0,9
	A 54	100-150	67,0	8,3	0,67	3,7	8,4	60	685	4	652	17	178,0	81,3	53,0	0,84	1,3

Description.

- 0-22 cm : jaune pâle, (C 72), sablo-argileux; polyédrique à tendance cubique, net, compact; pseudomycélium gypso-calcaire constituant un réseau fin; effervescence à l'acide chlorhydrique, moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 22-42 cm : brun jaune clair, (D 74); sablo-argileux; structure polyédrique irrégulière, moyenne, nette, compacte; abondant pseudomycélium gypso-calcaire, formant un réseau fin à mailles plus larges que précédemment; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 42-104 cm : jaune pâle, (C 72); argilo-sableux; structure nuciforme, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

104-150 cm : jaune pâle, (C 72), argilo-sableux, à structure diffuse; débris de coquilles, quelques taches blanches éparses; effervescence à l'acide chlorhydrique courte, intense; ni racines ni radicelles; frais.

Pas de plan d'eau.

Profil H2

Numéro : H2; date : 30 Mars 1960.

Coordonnées Lambert : 550,40; 301,10.

Description.

- 2-10 cm : jaune pâle, (C 72); argileux; structure diffuse; microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.
- 10-25 cm : jaune pâle, (C 72), argileux; polyédrique irrégulier, net, compact, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais.
- 25-190 cm : jaune pâle (C 72); argileux; structure diffuse, compacte avec pseudomycélium gypseux vers 30 cms, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles. frais.

Analyses : voir tableaux 55 et 56.

Interprétation : le profil H1 nous montre l'existence d'un sol salé à alcali.

Le profil H2 nous montre également un sol fortement salé à alcali lessivé, beaucoup plus salé que H1.

Les profils n'ont pas de caractères particuliers quant à la structure ou l'hydromorphie.

Chacun de ces groupements apparait le long d'une des ondulations constituant le bourrelet éolien. On peut donc admettre, par suite des différences de sol et de végétation, qu'il s'agit d'un bourrelet éolien complexe, résultant de la juxtaposition de deux rides, formées à deux périodes différentes.

TABLEAU 55

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
H1	A 87	0-22	25	11	7,0	38,0	15,0
	A 88	22-42	16	13	6,5	11,0	18,5
	A 89	42-104	30	20	4,5	28,0	17,0
	A 90	104-150	27	17	5,0	26,0	22,0
H2	A 86	0-10	43	39	2,5	16,0	2,5
	A 89	10-25	37	29	17,5	11,5	1,0
	A 100	25-190	38	25	17,5	13,0	2,5
H4	A 51	0-20	32	29	16,0	15,5	4,5
	A 52	20-50	34	29	20,0	11,0	3,0
	A 53	50-100	44	22	22,0	8,5	1,5
	A 54	100-150	41	24	20,5	12,0	1,5

IV. MISE EN VALEUR DES BOURRELETS EOLIENS ARGILEUX

La mise en valeur peut se faire par céréaliculture ou par introduction d'espèces pastorales.

La céréaliculture ne peut être pratiquée sur les bourrelets éoliens argileux que si la pluviométrie dépasse 300 mm, et dans des zones correspondant sensiblement aux étages d'Emberger, subhumide et semi-aride supérieur.

Nous avons remarqué, sur beaucoup de bourrelets éoliens de l'étage semi-aride, l'existence de *Hedysarum carnosum*, alors que sur les bourrelets de l'étage subhumide existe *Hedysarum coronarium*.

Ces sols sont souvent livrés à une céréaliculture sporadique, ce qui élimine les légumineuses du type *Hedysarum*. Compte tenu de la pente et de la fréquence des précipitations, il serait préférable de réensemencer ces stations avec cette Légumineuse. Dans l'étage semi-aride ces espèces seraient à planter derrière des banquettes à profil amorti, ce qui permettrait une bonne alimentation en eau.

V. CONCLUSIONS GENERALES SUR L'ETUDE DE LA VEGETATION DES BOURRELETS EOLIENS ARGILEUX

D'après notre étude de la végétation des bourrelets éoliens argileux, nous pouvons conclure que :

1°) Il n'y a pas de végétation halophile intrazonale (au sens de Walter, Alekhnine, 1936), spécifique aux bourrelets éoliens et qui soit semblable dans toute la Tunisie. Lorsque la salure est forte, il n'existe qu'un groupement monospécifique à *Halocnemum strobilaceum* ou *Arthrocnemum indicum* (page 204). Par contre, lorsque la salure est beaucoup moins forte, la végétation reflète dans une assez grande mesure le climat : ainsi sur un bourrelet éolien du Centre de la Tunisie se développent *Salsola tetrandra* et *Salsola vermiculata* var. *villosa*, espèces qui se développent également dans les zones salées de la Tunisie du Centre (page 197). Sur un bourrelet éolien de la Tunisie du Nord (page 201) se développe le groupe écologique à *Picris echioides*, qui existe également sur les terres lourdes, mal drainées de la Basse Vallée de la Medjerdah en Tunisie du Nord (voir page 135, Gounot, 1958).

2°) Nous avons pu observer que dans la végétation des bourrelets éoliens de l'étage semi-aride, il y avait combinaison d'espèces telles que *Suaeda fruticosa* var. *brevifolia*, *Salsola tetrandra*, *Salsola vermiculata* var. *villosa* avec *Hedysarum carnosum*; dans la végétation des bourrelets éoliens de l'étage sub-humide, il y a combinaison des groupes écologiques messicoles caractéristiques de texture fine, du groupe écologique à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* avec *Hedysarum coronarium* (voir page 201). Or *Hedysarum coronarium* et *Hedysarum carnosum* caractérisent, selon Gounot (p. 119, 1958), des sols argileux ou marneux bien drainés dans des étages bioclimatiques différents.

Ce qui donc à notre avis, caractérise le mieux la végétation des bourrelets éoliens, argileux et salés de Tunisie, c'est la combinaison des groupes écologiques halophiles avec *Hedysarum coronarium* ou *carnosum*, groupes écologiques monospécifiques normalement non halophiles caractéristique des sols argileux ou marneux bien drainés.

3°) Nous avons pu mettre en évidence, que, sur un sol à structure poussiéreuse et à texture fine se développait un groupe écologique caractéristique des sols sablonneux et salés : il semble donc que dans certains cas, il y ait possibilité pour la végétation du masquage du caractère réel de la texture, par suite de l'apparition d'une « pseudotexture ». En fait, on doit admettre que pour le groupe écologique étudié, la texture se manifeste surtout par certaines de ses propriétés physiques : capacité en air notamment.

4°) L'étude pédologique des sols des bourrelets éoliens argileux a permis de montrer l'existence des sols de déflation éolienne vive, des sols salés à alcalis à tendance steppique (sols salés à alcalis lessivés) qui s'apparentent aux éosolonetz et aux éosolontchaks de Boulaine (1957).

CINQUIEME PARTIE



**VEGETATION HALOPHILE DES ZONES DE BORDURE
DE PIEDMONT, DES CONES D'EPANDAGES,
CONES DE DEJECTION**

VEGETATION HALOPHILE DES ZONES DE BORDURE DE PIEDMONT, DES CONES D'EPANDAGES, CONES DE DEJECTION

Nous avons groupé dans ce chapitre toutes les stations étudiées en bas de piedmont et recevant un appoint d'eau à partir des zones qui les surplombent. On constate alors l'existence de milieux hétérogènes ou des groupements étroitement liés à cette forme de relief. Pour cette raison également, nous avons rattaché à ce chapitre la végétation des cônes de déjection, formes d'accumulation dues à l'activité d'un oued à caractères torrentiels, d'abord contenu dans un lit déterminé, et débouchant ensuite dans une plaine avec ou sans exutoire.

Enfin, lorsque le caractère torrentiel est plus accusé, ce qui peut être indiqué par l'augmentation de pente du cours supérieur de l'oued et la présence dans le lit de l'oued, de gros blocs roulés, apparaît un groupement lié à cette forme d'accumulation. Nous étudions donc

— Eléments à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*, *Juncus subulatus* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*, *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Spergularia marina* (végétation marécageuse de bordure de piedmont de l'étage d'Emberger subhumide).

— Groupement à *Salsola tetrandra* et *Mesembryanthemum nodiflorum* (végétation de bordure de piedmont de l'étage aride).

— Groupement à *Salsola tetrandra* et *Frankenia thymifolia* (végétation de piedmont à faible pente, à encroûtement gypseux peu profond de l'étage aride).

— Groupement à *Salsola foetida* et *Nitraria retusa* (végétation des cônes d'épandage salés de l'étage aride inférieur).

— Groupement à *Atriplex rosea* et *Halocnemum strobilaceum* (végétation des cônes de déjection salés de l'étage aride).

34. Eléments à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*, *Juncus subulatus* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*, *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Spergularia marina* (végétation marécageuse de bordure de piedmont de l'étage d'Emberger subhumide).

L'exemple étudié concerne la végétation marécageuse se développant sur la bordure de piedmont de l'oued Tine, au pied du djebel Krarrouba (région de Mateur, Tunisie du Nord).

Etude de l'élément D (groupement à Festuca elatior var. arundinacea et Triglochin bulbosa ssp. Barrelieri). L'élément D correspond à la zone d'écoulement préférentiel pendant la crue.

Végétation : relevé n° 1.501 du tableau phytosociologique 3, effectué le 9 septembre 1960.

a) Groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel dans les étages de végétation semi-aride supérieur et subhumide

Festuca elatior var. arundinacea
Mentha pulegium
Cichorium intybus ssp. pumilum

b) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine, dans les étages subhumide, semi-aride, et aride :

Hordeum maritimum ssp. eu-maritimum
Centaureum spicatum

c) Groupe écologique caractéristique de conductivité allant jusqu'à 30 millimhos et de sol à texture fine, mal drainé, dans les étages semi-aride supérieur et subhumide :

Medicago ciliaris
Phalaris paradoxa ssp. eu-paradoxa

d) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine, dans les étages de végétation semi-aride supérieur et subhumide :

Plantago Coronopus ssp. eu-coronopus
Leontodon hispidulus ssp. Mulleri
Centaureum pulchellum

e) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages de végétation subhumide et semi aride supérieur :

Triglochin bulbosa ssp. Barrelieri
Melilotus messanensis
Eryngium Barrelieri
Spergula marginata var. Bocconeii

Dans ce relevé existe aussi *Cynodon Dactylon var. genuina*, *Pulicaria inuloides*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Baouala 2 (Ba 2) — date : 9 septembre 1960.

Caractères géologiques : limons rouges villafranchiens.

Localisation géographique : feuille Mateur de la carte d'état-major de la Tunisie au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 484.70; 397.30.

TABEAU 57

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Σ A R	Na T calcu- lé
							Cl	CO ₃ H	Na	Ca	Mg		
							meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		
Ba 2	466	0-35	9,0	0,4	0,58	52,4	45	3,3	77,5	22,0	31,5	15,2	17,2
	467	35-60	9,3	2,5	7,87	40,0	55	2,4	75,0	28,0	31,5	14,4	16,4
	468	60-75	9,3	2,5	1,11	40,0	60	2,0	77,5	27,0	34,0	13,6	15,6
	472	75-110	6,4	1,2	2,72	42,6	20	2,2	45,0	25,0	26,5	8,9	10,4
	473	110-130	6,6	0,8	1,15	54,4	35	1,6	46,0	27,0	21,0	9,6	11,0
Ba 5	483	130-145	5,6	0,8	0,37	61,2	25	2,4	39,0	17,0	21,0	9,1	10,8
	375	0-25	11,5	0,8	1,03	48,4	75	2,3	87,5	27,5	41,5	15,1	17,1
	651	25-55	15,5	1,6	1,28	40,0	120	2,1	120,0	35,5	44,5	19,0	21,2
	664	55-90	9,0	2,1	3,63	40,0	55	1,8	69,0	24,0	37,5	12,6	14,5
	691	90-140	7,8	0,8	1,48	56,0	40	1,7	60,0	23,0	31,0	11,2	13,0
	688	140-155	6,0	10,5	0,45	60,0	35	2,7	57,5	9,0	22,0	14,7	16,7

Description.

0-35 cm : brun, (P 62), avec taches jaune-rouge, (E 58), à passage progressif; limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, nette, microstructure polyédrique moyenne, nette, tous deux friables, microporosité faible; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles, pseudomycélium gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; racines et radicelles; sec.

35-60 cm : brun rouge, (E 34), avec taches jaune rouge, (D 36); limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, nette, friable, microporosité moyenne; amas de gypse microcristallisé peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; quelques radicelles; sec.

TABLEAU 58

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
B A 2	466	0-35	33	31	22,5	10,0	3,5
	467	35-60	26	26	33,0	7,5	3,0
	468	60-75	22	25	20,0	10,0	3,5
	472	75-110	32	28	36,5	9,5	8,0
	473	110-130	46	22	15,0	7,0	6,5
	483	130-145	51	26	14,0	6,0	1,5
B A 5	375	0-25	36	30	21,5	8,5	2,5
	651	25-55	30	30	28,5	9,0	2,5
	664	55-90	24	31	35,0	7,0	3,0
	691	90-140	40	31	17,0	4,0	1,5
	688	140-155	41	33	18,5	5,5	2,5

60-75 cm : rouge faible, (E 22) avec petites taches rouges, (E 26) à passage progressif; limono-argileux; structure nuciforme moyenne, nette, friable, microporosité faible; petits amas de gypse microcristallisé peu abondants; effervescence à l'acide chlorhy-

drique faible à moyenne; quelques radicules; sec.

75-110 cm : rouge foncé, (H 34), avec taches rouges, (E 36), plus claires; limono-argileux, polyédrique, moyen, net, friable, importante microporosité; abondants et petits amas de gypse microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; quelques radicules; frais.

110-130 cm : brun rouge foncé, (J 42), avec taches brun rouge (D 44), à passage progressif; limono-argileux, à structure diffuse (car humide), microporosité; amas de gypse microcristallisé petits, peu abondants, le tout emballant des petits graviers (2 cm); effervescence à l'acide chlorhydrique faible; quelques radicules; humide.

130-145 cm : brun rouge foncé, (J 42), avec peu abondantes taches brun rouge, (D 44), à passage progressif; argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines ni radicules; très humide.

Plan d'eau salé à 145 cm.

Analyses : voir tableaux 57 et 58.

Interprétation : L'étude des analyses nous montre que le sol est faiblement salé, à teneur en sels solubles décroissant vers la profondeur. Le rapport Na/T est toujours supérieur à 15. Il s'agit donc d'un sol faiblement salé à alcali.

D'autre part, l'étude de la répartition des fractions granulométriques à travers le profil nous montre une discontinuité dans les chiffres, de même que pour les taux de Co, Ca. Il s'agit donc un sol brut d'apport alluvial.

L'examen du profil nous montre, l'existence de taches jaune rouge en surface (0-60 cm) passant à des taches rouges en profondeur (60-110 cm), puis à des taches brun rouge (110-145 cm). La couleur de fond étant rouge, par suite de l'origine villafranchienne de ces alluvions, il y a certainement masquage de la couleur réelle des taches. De toute manière, il s'agit d'une hydromorphie totale, à taches, d'intensité plus faible en surface qu'en profondeur.

L'examen du système racinaire nous montre qu'il s'étend jusqu'à l'avant dernier horizon. Aussi le groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* se développe sur des sols bruts d'apport provenant des limons villafranchiens, moyennement hydromorphes, faiblement salés à alcalis.

Etude de l'Element E (Groupement à *Juncus subulatus* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*, facies à *Juncus subulatus*).

L'élément de végétation E correspond à la zone où l'eau stagne le plus longtemps.

Végétation : relevé n° 1.619 du tableau phytosociologique 5, effectué le 23 août 1960.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie, moyenne, des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Juncus subulatus

Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*

b) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages de végétation, subhumide et semi-aride supérieur :

Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*

Melilotus messanensis

Dans cet élément *Juncus subulatus* constitue un faciès.

Conditions édaphiques.

Numéro : Baouala 5 — date : 9 septembre 1960.

Caractères géomorphologiques : bordure de piedmont.

Caractères géologiques : limons rouges villafranchiens.

Localisation géographique : feuille Mateur de la carte d'état-major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 397,20; 484,70.

Description.

0-25 cm : brun rouge, (E 34), rouge pour les deux premiers centimètres; limono-argileux; structure nuciforme, moyenne, nette, friable; gaines d'oxydation après réduction préalable le long des racelles; petites et peu abondantes concrétions ferrugineuses, petites poches de gypse microcristallisé, abondantes, à abondant pseudo-mycélium calcaro-gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; rhizomes et racelles; sec.

25-55 cm : brun rouge, (E 34), limono-argileux; grumeleux irrégulier, moyen, net, microporosité moyenne; petites et assez abondantes concrétions ferrugineuses, petites poches de gypse microcristallisé; quelques taches blanchâtres de gypse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; racines et racelles; frais

55-90 cm : brun foncé, (F 54), avec taches jaune rouge, (I 58), moyennes, peu abondantes, à passage progressif; limono-argileux; polyédrique, net, moyen, friable, microporosité moyenne; petites concrétions ferrugineuses, petits amas de gypse microcristallisé sous formes de microcroses de sable; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines ni racelle; frais.

90-140 cm : brun rouge foncé, (J 42), avec taches rouges moyennes, (E 26), assez abondantes, à passage progressif; limono-argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte, à petites concrétions ferrugineuses, moins abondantes que précédemment, petits amas de gypse microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

140-155 cm : brun rouge foncé (J 42) avec taches brun très pâle (C 54) à passage progressif; structure diffuse, compacte; concrétions ferrugineuses beaucoup plus grosses que dans l'horizon précédent; quelques petits amas de gypse microcristallisé, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 155 cm.

Analyses : voir tableaux 57 et 58.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que ces sols sont salés; le rapport Na/T est sensiblement le même que dans Ba 2; il s'agit donc d'un sol salé à alcali. L'étude granulométrique des divers horizons du profil, de même que les teneurs en Co_3 Ca, nous montrent qu'il s'agit d'un sol brut d'apport alluvial. L'examen du profil montre l'existence d'une hydromorphie totale, à concrétions dont la taille augmente progressivement avec la profondeur : ceci est caractéristique d'une hydromorphie latérale, due à un mouvement oblique de nappe.

Lorsque l'on compare l'extension du système racinaire avec le profil, on peut voir que les radicelles s'arrêtent à 90 cm. En résumé, le groupement à *Juncus subulatus* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri* se développe sur un sol brut d'apport, salé à alcali, à hydromorphie totale, latérale.

Etude de l'élément F (groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Spergularia marina*). Dans la zone correspondant à F, il existe un léger écoulement de l'eau en période de crue et l'eau ne stagne pas.

Végétation : relevé n° 1.620 du tableau phytosociologique 3, effectué le 16 juillet 1960.

a) Groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel dans les étages de végétation semi-aride supérieur et subhumide :

Festuca elatior var. *arundinacea*

b) Groupe écologique caractéristique de sol à alcali plus ou moins salé (allant jusqu'à 60 millimhos) à texture fine dans les étages de végétation subhumide, semi-aride et aride :

Hordeum maritimum ssp. *eu-maritimum*
Centaurium spicatum

c) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible à moyenne pour un sol à texture fine et une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos dans les étages de végétation subhumide et semi-aride supérieur :

Melilotus messanensis
Triglochin bulbosa ssp. *Barrelieri*

d) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie superficielle faible pour une conductivité allant jusqu'à 50 millimhos et un sol à texture fine, dans les étages de végétation subhumide et semi-aride supérieur :

Plantago Coronopus ssp. *eu-coronòpus*
Centaureum pulchellum

e) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne des horizons superficiels et moyens pour une conductivité allant jusqu'à 60 millimhos dans les étages subhumide et semi-aride supérieur :

Aeluropus littoralis var. *repens*
Atriplex ifniensis var. *parvifolius*
Pulicaria inuloides

f) Groupe écologique caractéristique de texture fine et de conductivité variant entre 18-20 et 40-50 millimhos pour l'étage semi-aride :

Spergularia marina
Frankenia laevis var. *laevis*
Puccinellia distans ssp. *eu-distans*

La végétation atteint en moyenne 70 pour 100 de degré de recouvrement.

Conditions édaphiques.

Numéro : Baouala 1, date : 9 Septembre 1960.

Caractères géomorphologiques : bordure de piedmont.

Caractère géologiques : alluvions en provenance des limons rouges villafranchiens.

Localisation géographique : feuille Mateur de la carte d'état major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 484,80; 397,30.

Description.

0-5 cm : rouge, (E 26); argileux; macrostructure prismatique moyenne, nette, compacte, microstructure cubique, nette, friable, faible microporosité; gaines d'oxydation le long des racelles; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; racines et racelles; sec.

- 5-25 cm : rouge faible, (C 26), avec reflets rouges, (E 26), limono-argileux; macrostructure prismatique moyenne, nette, friable, microstructure polyédrique à cubique, microporosité assez im- des radicelles; pseudomycélium gypseux abondant; effervescen- ce à l'acide chlorhydrique nulle; racines et radicelles; sec.
- 25-30 cm : rouge faible, (C 26); limono-argi'eux; polyédrique à nu- ciforme, moyenne, friable, porosité moyenne; pseudomycélium gypseux peu abondant, quelques amas de gypse microcristal- lisé et quelques débris de coquilles; effervescence à l'acide chlor- hydrique faible; ni racines ni radicelles; sec.
- 30-50 cm : brun rouge, (E 34); limono-argileux; polyédrique, moyen. net, friable, porosité myenne; pseudomycélium gypseux plus abondant que précédemment, quelques petits amas de gypse microcristallisé et quelques débris de coquilles d'escargot, des taches calcaires et des taches gypso-calcaires à passage progres- sif; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; quelques ra- dicelles; sec.
- 50-65 cm : rouge, (E 26); limono-argi'eux; polyédrique à nucifor- me, moyen, net, friable, faible microporosité; petits amas gyp- seux microcristallisés plus abondants que précédemment, ta- ches gypseuses beaucoup plus abondantes que dans l'horizon précédent; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; quel- ques radicelles; sec.
- 65-85 cm : brun rouge, (E 34); argileux; nuciforme, moyen net compact, microporosité élevée, taches calcaires moins abon- dantes que précédemment; effervescence à l'acide chlorhydi- que modérée; ni racines ni radicelles; frais.
- 85-115 cm : brun rouge foncé, (J 42); argileux; nuciforme, moyen net, friable. microporosité faible; petits amas de gypse micro- cristallisé, taches gypseuses moins abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radi- celles; très humide.
- 115-130 cm : brun rouge foncé, (J 42); argileux; massif (car humide) microporosité faible; petits amas de gypse microcristallisé; effe- rescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines, ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 130 cm.

Analyses : voir tableaux 59 et 60.

Interprétation : L'étude des analyses granu'ométriques et de la teneur en Co, Ca des différents horizons du profil nous indique l'existence d'un sol brut d'apport alluvial. D'autre part, les analyses des sels solubles nous montrent une saure élevée en surface et di- minuant avec la profondeur. On constate pour tous les horizons (celui de surface excepté) que le rapport Na/T est inférieur à 15. On peut donc admettre que le sol est fortement salé à alcali dans l'ori- zon superficiel, salé non à alcali dans les horizons profonds.

TABLEAU 59

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na T calculé	Fer libre
							Cl meq/l	CO ₃ H mq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l			
B A 1	474	0-5	46,0	1,6	2,02	60,8	460	2,4	142,5	55,5	172	13,4	15,4	
	475	5-25	12,2	0,8	0,70	44,4	70	2,2	45	23,5	43,5	7,9	9,1	
	476	25-30	11,5	0,8	0,87	42,8	70	2,1	30	25,0	40,5	5,3	6,1	
	481	30-50	8,0	1,0	1,48	40,0	35	1,5	15	22,5	30,5	2,9	2,9	
	684	50-65	8,3	1,0	4,20	37,8	45	1,4	15	24,0	30,5	2,9	2,9	
	482	65-85	2,85	36,8	traces	80,0	20	2,1	6,25	6,0	9,5	2,2	1,9	0,53
	685	85-115	9,0	25,8	0,29	76,0	55	2,3	37,5	14,5	32,0	7,8	9,1	
	686	115-130	3,3	27,9	0,95	80,0	15	1,9	8,75	22,0	5,0	2,4	2,2	0,48

Dans le profil, existent des taches calcaires et gypso-calcaires jusqu'à 115 cm. Elles indiquent une hydromorphie totale, temporaire dans les horizons superficiels et moyens, dans l'ensemble d'intensité plus faible que dans le profil précédent.

Il s'agit donc d'un sol fortement salé à alcali en surface, salé non à alcali en profondeur à hydromorphie totale, temporaire, à taches.

TABLEAU 60

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
BA1	474	0-5	48	28	17,0	6,0	1,0
	475	5-25	30	30	23,5	10,0	2,5
	476	25-30	27	33	24,5	9,0	3,0
	481	30-50	22	29	30,0	10,5	4,5
	684	50-65	19	31	36,0	9,0	3,5
	482	65-85	56	39	0,5	1,5	3,0
	685	85-115	64	31	1,5	0,5	2,5
	686	115-130	63	31	1,5	0,5	traces

L'étude du système radiculaire montre que son extension se limite à 25 cm. de profondeur. Le groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Spergularia marina* se développe sur des sols bruts d'apport, fortement salés, tendant à être à alcali à hydromorphie superficielle faible.

Conclusions : Comparons les caractères de l'hydromorphie dans les 3 éléments : (a), dans la zone correspondant à l'élément D (groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Triglochin bulbosa* ssp. *Barrelieri*) l'hydromorphie est totale, temporaire, à taches.

Dans la zone correspondant à E. l'hydromorphie est totale, à taches et à concrétions; elle est donc plus forte en E qu'en D; (c) dans la station correspondant à F (groupement à *Festuca elatior* var. *arundinacea* et *Spergularia marina*) l'hydromorphie est totale, temporaire, (à reflets rougeâtres et pseudomycélium gypso-calcaire), plus

forte en surface qu'en profondeur. Si on essaie d'établir une échelle d'hydromorphie, par ordre, d'intensité croissante, nous avons le schéma suivant :

$$F < D < E$$

L'étude des chiffres de conductivité nous permet d'établir le classement suivant par ordre de salure croissante :

$$E < D < F$$

Les données fournies par l'étude de l'hydromorphie et de la salure viennent recouper les résultats sur la durée de stagnation de l'eau et la microtopographie :

— l'élément E qui correspond aux zones où la durée de stagnation est la plus élevée, montre les signes d'hydromorphie (à taches et concrétions ferrugineuses) les plus forts.

— l'élément D correspond aux zones d'écoulement préférentiel de l'eau; par suite de certains caractères microtopographiques, l'eau stagne y beaucoup moins. Les caractères d'hydromorphie que présente le profil doivent être donc beaucoup moins accusés; c'est ce que l'on observe (hydromorphie à taches) et la salure y est un peu plus élevée qu'en E.

— l'élément F correspond aux stations où l'hydromorphie est la plus faible, mais la salure la plus forte (hydromorphie à reflets et à pseudomycélium).

La comparaison de la conductivité et de l'hydromorphie des éléments D, E, F, nous permet d'expliquer les variations de la couverture végétale : entre D et E, il y a peu de différences de conductivité, alors que les différences d'hydromorphie sont beaucoup plus fortes. Donc, le passage de D à E est surtout déterminé par des différences d'hydromorphie pour une conductivité qui varie peu. La salure est beaucoup plus élevée en F que dans les éléments précédents : le passage à F s'explique par une diminution importante de la conductivité.

L'étude du profil Ba 2 (élément E) nous montre l'existence de concrétions ferrugineuses dont la taille augmente vers la partie inférieure du profil. Ces caractères définissent, comme cela a été montré par G. Aubert, une hydromorphie à concrétions ferrugineuses résultant d'un mouvement oblique de nappe. Un tel mouvement correspond au sens de l'écoulement d'une nappe en bordure d'un piedmont.

35. Groupement à *Salsola tetrandra* et *Mesembryanthemum nodiflorum* (végétation de bordure de piedmont de l'étage aride).

Végétation : relevé n° 2.464 du tableau phytosociologique 6, effectué le 25 mars 1960.

a) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Mesembryanthemum nodiflorum
Schismus barbatus var. *calycinus*
Anacyclus cyrtolepidioides
Frankenia pulverulenta

b) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, et d'une conductivité inférieure à 10 millimhos :

Stipa retorta
Astragalus cruciatus
Hippocrepis multisiliquosa ssp. *ciliata*
Limonium echioides ssp. *eu-echioides*
Centaurea contracta
Anthemis pedunculata ssp. *eu-pedunculata*
Brassica Tournefortii
Paronychia arabica ssp. *Cossoniana*

c) Groupe écologique des sols de texture moyenne de l'étage aride, pour une conductivité inférieure à 15 millimhos :

Plantago Coronopus var. *scleropus*
Didesmus bipinnatus

d) Groupe écologique messicole, indifférent à la texture dans l'étage aride :

Calendula aegyptiaca ssp. *eu-aegyptiaca*
Filago germanica ssp. *spathulata* var. *pyramidata*
Malva silvestris ssp. *eu-silvestris*

e) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les étages semi-aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra
Suaeda fruticosa var. *longifolia*
Atriplex Halimus var. *Schweinfurthii*

Dans ce relevé existe aussi *Medicago hispida* var. *lappacea*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kettana 3 (K3) — date : 26 mars 1960.

Localisation géographique : feuille Mareth de la carte d'état major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 348,50; 533,70.

Description.

0-15 cm : brun pâle, (C 61); cohérent plus ou moins lâche, sable fin limoneux; pseudomycélium calcaro-gypseux assez abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; abondantes racines et radicules; sec.

TABLEAU 61

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Na T calcu- lé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
K 3	41	0-15	8	8,0	2,27	13,5	2,1	44	36	3,0	99,0	29,0	30,0	20,5
	42	15-50	40	8,2	0,26	9,8	4,9	34	355	5,0	350,0	48,5	124,0	35,5
	43	50-60	57	8,2	0,46	4,1	11,0	30	535	7,0	440,0	37,5	230,0	35,5
	44	60-70	50	8,4	0,26	8,9	4,6	30	445	4,0	330,0	33,5	196,5	30,5
	45	70-100	59	8,2	0,46	13,1	6,4	32	565	4,0	480,0	31,0	251,0	36,0
	46	110-200	59	8,2	0,15	4,9	16,2	32	565	3,0	510,0	27,0	282,0	30,2
K 5	47	3-8	11,5	8,2	1,86	12,1	0,9	48	73	4,0	62,5	31,0	49,0	11,5
	48	8-13	24	8,9	0,98	13,5	1,5	48	184	2,5	200,0	30,0	92,0	26,5
	49	13-18	17,5	8,9	1,55	13,3	1,0	48	117	3,3	130,0	30,0	72,0	20,5

15-50 cm : brun très pâle, (C 61); cohérent plus ou moins lâche, limono-sableux; pseudo-mycélium calcaro-gypseux moins abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

50-60 cm : brun très pâle, (C 61); sablo-limoneux; cohérent plus ou moins lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.

60-70 cm : brun très pâle, (C 61); sablo-limoneux; grumeleux; abondant pseudomycélium calcaro-gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; rares radicelles; frais.

70-110 cm : brun très pâle, (C 61); sablo-limoneux; grumeleux; pseudomycélium calcaro-gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; ni racines ni radicelles; frais.

110-200 cm : brun très pâle, (C 61); sable fin limoneux et gypseux; se débitant par éclats; pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique faible et courte; humide.

Plan d'eau salé.

Analyses : voir tableau 61.

TABLEAU 62

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
K3	41	0-15	14	22	22,5	37,0	0,5
	42	15-50	6	10	6,0	72,5	1,0
	43	50-60	9	7	0	66,5	4,0
	44	60-70	6	2	10,0	78,0	1,5
	45	70-110	8	9	31,5	45,5	3,0
	46	110-200	7	10	11,5	65,5	4,0
K5	47	3-8	14	25	20,0	37,0	1,0
	48	8-13	14	23	19,5	39,0	0,5
	49	13-15	14	25	13,5	43,5	0,5

Interprétation : Les analyses (tableau 62) montrent d'un horizon à l'autre une variation dans les proportions des diverses fractions granulométriques : il s'agit donc d'un sol brut d'apport alluvial. D'autre part, le taux de matière organique s'élève en surface (0 à 15 cm) à 2,27. On peut se demander s'il ne s'agit pas d'un sierozem, où le taux de matière organique varie entre 2 et 3. En réalité, une étude beaucoup plus détaillée, effectuée par prélèvements d'échantillons (voir K 5 sur le tableau 61) échelonnés et successifs, correspondant à des subdivisions (3-8 cm, 8-13 cm, 13-18 cm) de cet horizon de 0 à 18 cm, montre que la teneur en matière organique varie de façon discontinue, et non suivant un gradient décroissant comme cela serait le cas s'il s'agissait d'un sierozem. On observe, en effet, les chiffres de 1,86 puis 0,98 puis 1,55; il n'y a donc pas diminution progressive et régulière de la matière organique, comme dans le cas d'un sol steppique. Une telle répartition de la matière organique peut s'expliquer par la position de la zone étudiée, qui est en bordure de piedmont, et par la même reçoit les eaux chargées d'alluvions et de débris organiques en provenance de celui-ci. On ne peut donc attribuer la présence de la matière organique à l'existence d'un sierozem. Par contre, un autre caractère, le lessivage des sulfates et des sels les plus solubles du profil apparente celui-ci à un sierozem, alors que la teneur en Co_3 Ca élevée en surface et décroissant vers la profondeur est un caractère de sol gris subdésertique. Il s'agit donc d'un sol à caractères intermédiaires entre ceux d'un sierozem et ceux d'un sol gris subdésertique. Les analyses des sels solubles (tableau 61), nous montrent que le sol est fortement salé à alcali (conductivité variant de 20 à 59 millimhos et rapport Na/T de 20 à 36). L'examen du profil nous montre l'existence d'un engorgement total, temporaire, faible, (pseudomycélium calcarogypseux). Le système racinaire s'étend jusqu'à 70 cm; il en résulte que le groupement à *Salsola tetrandra* et *Mesembryanthemum nodiflorum* se développe sur un sol sablo-limoneux, salé à alcali, à hydromorphie, temporaire faible, et dont certains caractères physico-chimiques, sont intermédiaires entre ceux d'un sierozem et ceux d'un sol gris subdésertique.

36. Groupement à *Salsola tetrandra* et *Frankenia thymifolia* (végétation de piedmont à faible pente, à encroûtement gypseux peu profond de l'étage aride).

Végétation : relevé n° 4.452 du tableau phytosociologique 6, effectué le 20 mars 1960.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie faible à moyenne de la plus grande partie du profil pour une conductivité variant

entre 10 et 70 millimhos dans les étages semi-aride inférieur et aride :

Salsola tetrandra
Suaeda fruticosa var. *longifolia*
Atriplex Halimus var. *Schweinfurthii*

b) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche, pour une conductivité variant entre 5 et 50 millimhos :

Schismus barbatus var. *calycinus*
Anacyclus cyrtolipidioides

c) Groupe écologique psammophile de l'étage aride, caractéristique d'une structure cohérente plus ou moins lâche et d'une conductivité inférieure à 10 millimhos :

Launaea resedifolia ssp. *eu-resedifolia*
Astragalus cruciatus
Reseda alba ssp. *decursiva*
Linaria aegyptiaca ssp. *fruticosa*
Astragalus caprinus ssp. *lanigerus*
Matthiola longipetala ssp. *Kralickii*

d) Groupe écologique des sols de texture moyenne de l'étage aride, pour une conductivité inférieure à 15 millimhos :

Plantago Coronopus var. *scleropus*
Plantago ovata
Didesmus bipinnatus

e) Groupe écologique caractéristique des sables gypseux friables, peu ou pas salés, superficiels, de l'étage aride inférieur :

Zygophyllum album
Erodium glaucophyllum

f) Groupe écologique caractéristique d'encroûtement gypseux microcristallisé, très compact, pour l'étage aride inférieur à hivers doux :

Limonium pruinatum ssp. *Alleizettei*
Limoniasastrum Guyonianum

g) Groupe écologique caractéristique d'encroûtement gypseux assez friable, à gypse finement microcristallisé, pour une conductivité variant de 10 à 90 millimhos dans les étages aride inférieur et saharien :

Frankenia thymifolia
Halimione portulacoides var. *appendiculata*

Le degré de recouvrement du groupement varie suivant qu'il s'agit d'un faciès printanier ou hivernal; il passe de 85 pour 100 à 60 pour 100.

Conditions édaphiques.

Numéro : 0 K 1 — Date : 20 Mars 1961.

TABEAU 63

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Na T calcu- lé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	
O K 1	393 C	0-15	3,35	8,6	0,67	4,2	29,1	32	6	2,4	5,0	15,0	20,0	0,6
	394 C	15-45	4,15	8,4	0,78	2,1	30,9	30	15	1,9	6,25	30,0	12,5	1,0
	395 C	45-70	10,5	8,0	0,20	2,9	29,9	26	54	1,9	72,5	18,5	27,5	17,5
	396 C	70-180	44,5	8,0	0	5,4	27,3	26	385	4,0	380,0	37,5	129,0	37,0
D J 7	263	0-20	41	8,9	0,46	15,9	33	280	1,6	350	350	30	147	34,9
	343	20-30	51			30,4	30	445	1,8	480	480	30	220	38
	2439	30-155	17,5			33,3	32	105	1,4	115	115	30	60	19,3

Localisation géographique : feuille Gabès de la carte d'état major au 1/50000°.

Coordonnées en grades : 8,5300 gr.; 37,9100 gr.

Description.

- 0-3 cm : recouvrement alluvial lité, à lits fins gris brun clair, (D 61), alternant avec lits brun pâle, (C 61), limono-sableux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; nombreuses racelles; frais.
- 3-15 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin limoneux et gypseux; grumeleux; gypse finement microcristallisé; pseudomycélium gypso-calcaire; des débris organiques; microporosité moyenne, à faible, modérée; racines et racelles; frais.
- 15-45 cm : brun très pâle, (C 54); taches blanches, (A 10); sable fin limoneux et gypseux; polyédrique, moyen, friable microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; sec.
- 45-70 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin limoneux et gypseux; polyédrique irrégulier, friable; gypse sous forme de fins microcristaux, à microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles; frais.
- 70-180 cm : brun très pâle, (C 54); gypseux à gypse sous forme de fins microcristaux, se débitant en éclats aigus, très compacts; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racelles jusqu'à 90 cm, humide.

Analyses : voir tableaux 63 et 64.

Interprétation : L'étude du tableau 64 nous montre, par l'hétérogénéité des fractions granulométriques, que l'on se trouve bien en présence d'un sol brut d'apport alluvial. D'autre part, les teneurs en sulfates (et par là même en gypse) sont assez semblables dans tout le profil. Il résulte de cette observation que la présence des trois groupes écologiques distincts ne peut être attribuée qu'à des différences de compacité des horizons gypseux. En outre, à la faible salure des horizons superficiels correspond la présence du groupe (c).

A l'existence du groupe (a) correspond la présence de salure en profondeur. L'étude du profil nous montre que le sol est à hydromorphie partielle, superficielle, faible (horizon à pseudomycélium). Le système racinaire s'étend jusqu'à 90 cm; il en résulte que le groupement à *Salsola tetrandra* et *Frankenia thymifolia* se développe sur des sols bruts d'apport, faiblement salés en surface, salés en profondeur, sablonneux et gypseux, à encroûtement plus ou moins compact en profondeur.

TABLEAU 64

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
0 K 1	393 C	0-15	8	4	17,5	57,5	3,0
	394 C	15-45	6	1	12,5	70,0	5,0
	395 C	45-70	5	2	24,5	49,0	17,0
	396 C	70-180	3	1	14,0	76,0	2,5

37. Groupement à *Salsola Foetida* et *Nitraria retusa* (végétation des cônes d'épandages salés de l'étage aride inférieur).

Dans la région de Gafsa (Tunisie du Centre) apparaissent des oueds à caractères torrentiels : en effet par suite d'un accident tectonique, des djebels atteignant 800 mètres bordent une plaine. Les oueds débouchant de ces djebels coulent donc suivant une forte pente. Il en résulte la formation de cônes d'épandages et de cônes de déjection.

Végétation : nous ne possédons que quelques relevés de ce groupement; celui-ci est en effet très localisé.

a) Groupe écologique caractéristique des cônes d'épandages salés de l'étage aride :

Salsola foetida
Salsola cruciata
Salsola tetrandra

TABLEAU 65

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation en % de la pâte	Sels solubles dans l'extrait saturé					R Δ Σ	Na T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
G A 1	88 B	0-30	31	8,2	0,72	22	9,7	28	280	1,3	325	58,5	47,5	17,2	50,5
	93 B	30-45	56			22,6	13,1	22	580	2,7	580	63	69	25,6	
	99 B	45-60	62	8,7	0,36	22,1	15,1	22	630	1,7	586	61	77	43,2	50,5
	1811	60-80	70			25	14,7	20	780	1,8	780	57	109	36,8	56
	1834	80-90	80	8,4	0,41	33,5	11	28	870	1,4	870	80	102	91,6	57,5

b) Groupe écologique caractéristique des sables gypseux friables, peu ou pas salés, superficiels de l'étage aride inférieur :

Zygophyllum album

Launea angustifolia var. *angustifolia*

c) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'encroûtement gypseux finement microcristallisé, compact, pour une conductivité variant entre 10 et 70 millimhos dans les horizons moyens et profonds du profil et les étages aride inférieur et saharien :

Nitraria retusa

La végétation, soumise à des alluvionnements assez intenses est clairsemée, et ne dépasse pas en moyenne 10 %. Dans ce relevé existe aussi *Limonium pruinosum* ssp. *Allèzetii*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Djerid 7 — Date : 20 Août 1960.

Localisation géographique : feuille environs de Gafsa de la carte d'Etat Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 7,3100 gr.; 38,1650 gr.

Caractères géomorphologiques : cône d'épandage.

Description.

0-20 cm : jaune, (B 72); sable fin et gypseux; cohérent plus ou moins lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; racines et radicelles; sec.

20-30 cm : brun très pâle, (C 54); sablonneux et gypseux à gypse microcristallisé, particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; racines et radicelles; sec.

30-155 cm : brun très pâle, (C 54); sablo-limoneux et gypseux, à gypse finement microcristallisé à structure diffuse se débitant par éclats très compacts; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; quelques radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Analyses (voir tableau 63).

Interprétation : L'étude des analyses nous montre que le sol est fortement salé (conductivité variant de 17 à 51 millimhos), mais non à alcali. En effet, les teneurs en CO₃ Ca et en SO₄ sont très élevées; aussi, la proportion du calcium dans le complexe est probablement importante; il s'agit donc d'un sol brut d'apport, fortement salé, à encroûtement gypseux très compact en profondeur.

Le système racinaire s'étend jusqu'à 155 cm; les résultats précédemment énoncés s'appliquent donc totalement. En résumé, le groupement à *Salsola foetida* et *Nitraria retusa* se développe sur les cônes d'épandages fortement salés de l'étage aride, à encroûtement gypseux plus ou moins profond.

38. Groupement à *Atriplex rosea* et *Halocnemum strobilaceum* (végétation des cônes de déjection salés de l'étage aride).

Lorsqu'il existe des oueds à caractères torrentiels accusés, comme c'est le cas de la région de Gafsa, il apparait un groupement particulier.

Végétation : relevé n° 1.140 du tableau phytosociologique 6, effectué le 10 Août 1961.

Par suite de la rareté d'un tel type géomorphologique en Tunisie, nous ne possédons que quelques relevés de ce groupement.

a) Groupe écologique monospécifique caractéristique des cônes de déjection salés de l'étage aride :

Atriplex rosea

b) Groupe écologique monospécifique caractéristique de conductivité variant entre 80 et 100 millimhos dans l'étage aride :

Halocnemum strobilaceum

Conditions édaphiques.

Numéro : Ga 1 — Date : 10 Août 1960.

Localisation géographique : feuille environs de Gafsa de la carte d'état major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 38,2650 gr.; 7.0600 gr.

Description.

- 0-30 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin limoneux et gypseux; grumeleux; abondants et fins débris végétaux, microporosité moyenne; ponctuations calcaires et gypseuses blanchâtres; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; racines et radicelles; sec.
- 30-45 cm : brun très pâle, (C 54); sable fin limoneux et gypseux à gypse finement microcristallisé, avec indurations de gypse microcristallisé, et de gypse finement microcristallisé; grumeleux; abondants et fins débris végétaux, microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicelles; sec.
- 45-60 cm : brun très pâle, (C 45); sablo-limoneux et gypseux; gypse finement microcristallisé; grumeleux, friable, microporosité moyenne, avec quelques lits (de 1 cm d'épaisseur) de cailloux roulés, débris végétaux moins abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicelles; sec.
- 60-80 cm : brun très pâle, (C 54); sablo-limoneux et gypseux, à gypse finement microcristallisé; grumeleux, à petits cailloux (5 cm de diamètre) roulés emballés dans cette masse, microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; quelques radicelles; sec.

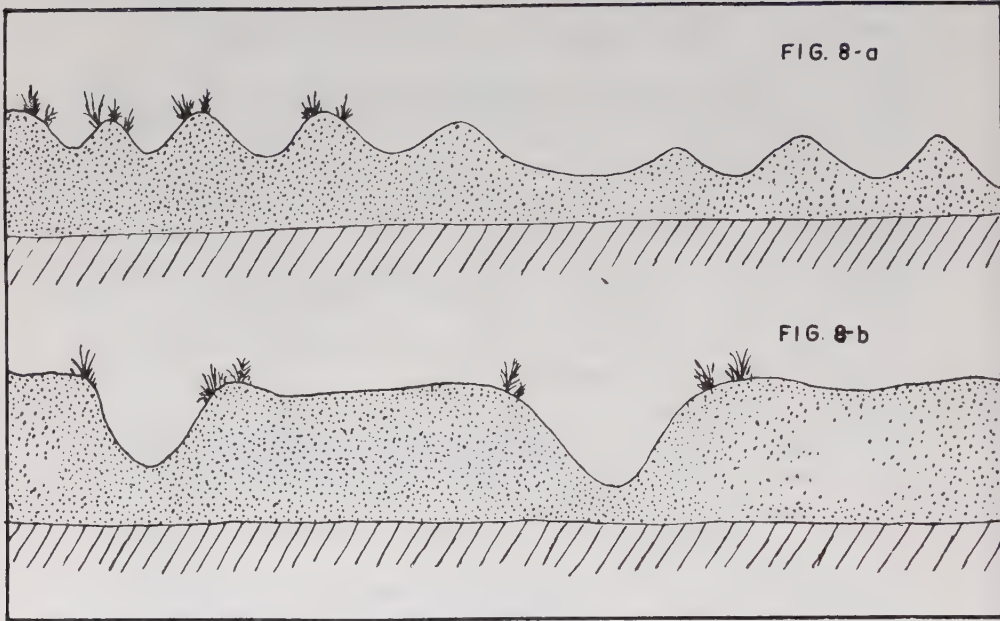


Fig. 8. — Schéma montrant la répartition de la végétation par rapport aux bancs d'alluvions dans le cas du groupement à *Atriplex rosea* et *Halocnemum strobilaceum*.

Fig. 8-a : Cas des bancs d'alluvions peu élevés traversés par des rigoles peu profondes et nombreuses.

Fig. 8-b : Cas des bancs d'alluvions plus élevés et plus larges, traversés par des rigoles profondes et peu abondantes.

80-90 cm : brun pâle, (C 61), avec abondantes taches brun foncé, (J 32), à passage progressif; limoneux et gypseux à gypse finement microcristallisé; grumeleux; assez abondants cailloux roulés dans la masse, de taille moins grande que précédemment, assez abondantes concrétions gypseuses; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines ni radicelles; sec.

Banc rocheux du piedmont.

Analyses : voir tableau 65.

Interprétation : L'examen du profil nous montre

— par les différences granulométriques, que le sol est brut d'apport alluvial.

— par l'existence des cailloux roulés et de débris organiques fins et abondants, que cette zone correspond à un écoulement de l'eau intense et temporaire.

— par l'existence de taches brun foncé en profondeur la présence d'une hydromorphie à taches, partielle temporaire, (de profondeur).

L'étude des analyses nous montre que le sol est fortement salé en surface et très fortement salé en profondeur.

Etudions maintenant la répartition du groupement végétal par rapport aux bancs d'alluvions (figure 8). Ce groupement se développe dans une zone soumise à un alluvionnement du type torrentiel, et les bancs d'alluvions qui s'y rencontrent peuvent se rapporter schématiquement à deux types

— bancs d'alluvions peu élevés traversés par des rigoles peu profondes et nombreuses (fig. 8-a) de 50 cm de profondeur.

— bancs d'alluvions beaucoup plus élevés, larges de 5 mètres environ et séparés par quelques chenaux de 1 m à 1,50 m de profondeur (fig. 8-b). Dans le premier cas, le groupement se répartit de façon assez régulière sur toute l'étendue du banc. Dans le second cas, on peut observer qu'à mesure que le nombre de rigoles diminue, et qu'en même temps chaque rigole restante s'approfondit, le groupement se localise le long de ces rigoles : il semble donc y avoir une relation étroite entre le régime d'écoulement de l'eau dans ces bancs d'alluvions et la répartition du groupement.

En résumé, le groupement à *Atriplex rosea* et *Halocnemum strobilaceum* se développe sur des cônes de déjection très salés; la répartition de ce groupement paraît être en étroite relation avec le régime d'écoulement de l'eau sur ces types de relief.

Conclusion sur la végétation halophile des zones de bordure de piedmont, des cônes d'épandage, cônes de déjection.

1) L'étude de la végétation halophile des zones de bordure de piedmont a permis de montrer que le groupe écologique caractéristique des zones d'écoulement préférentiel, *Festuca elatior* var. *arundinacea*, existe bien dans ces zones. Le caractère écologique auquel correspond cette espèce existe aussi dans ce cas (zone d'écoulement); ce groupe écologique fait partie de la mosaïque de végétation marécageuse, qui interprétée en même temps que le profil, nous indique l'existence d'un sol salé à alcali à mouvement oblique de nappe.

2°) Nous avons pu observer des groupements divers se localisant suivant les différents types géomorphologiques; cônes d'épandages, (déjà signalé par le Houerou, 1959), cônes de déjection.

SIXIEME PARTIE



**VEGETATION HALOPHILE DES OASIS
ET PROBLEMES D'AMENAGEMENTS DES PALMERAIES**

VEGETATION HALOPHILE DES OASIS ET PROBLEMES D'AMENAGEMENTS DES PALMERAIES

I. — GENERALITES

Dans l'exposé des principes ayant dirigé notre étude des relations entre le sol et la végétation halophile, nous avons considéré que les oasis constituant une unité naturelle, pouvaient servir de cadre à l'une des divisions de cette étude; mais, par ailleurs, en Tunisie les oasis étant essentiellement constituées de palmeraies, une telle étude rencontrait tout naturellement les problèmes relatifs à l'aménagement des palmeraies : mise en évidence des facteurs limitant la productivité et leur correction (nous avons d'ailleurs effectué pour le compte du Ministère d'Agriculture en Tunisie une série d'études portant sur l'aménagement et la mise en valeur des oasis; 1960 a; 1962 a; 1962 b; 1963 a; 1963 b). Ce chapitre permettra donc de démontrer également l'intérêt pratique de recherches purement théoriques au départ.

En Tunisie, les palmeraies productives se développent, d'après les données récentes l'école d'Emberger (Gounot M. et Le Houe rou H.N. : Carte ronéotypée des bioclimats de Tunisie) dans une zone climatique correspondant sensiblement aux étages suivants de la classification des bioclimats d'Emberger (1955)

saharien supérieur à hiver tempéré
aride inférieur et supérieur à hiver frais.

A l'intérieur de ces zones climatiques, on distingue des palme-
raies situées dans les régions littorales, et des palmeraies des ré-
gions continentales. Une première étude, très générale, de l'ensem-
ble de ces palmeraies, nous a montré que dans les deux cas, la vé-
gétation spontanée ne présente guère de différences, quoique étant
plus riche et plus diversifiée floristiquement dans la région conti-
nentale; les problèmes fondamentaux des relations sol-végétation
seraient donc sensiblement les mêmes dans les deux régions. La dif-
férence essentielle réside dans les variétés de palmiers caractérisant
chacune de ces zones, la qualité de leurs fruits, et leur intérêt com-
mercial. En effet, la zone continentale est l'aire optimale de culture
(en irrigué) des variétés Deglat enncur et Allig dont la qualité des
fruits fait qu'elles sont très recherchées pour l'exportation, alors
que dans la zone littorale, les palmeraies sont surtout constituées
par les variétés Lemsi, Kenta, Bouhatem, dont les fruits ne servent

qu'à la consommation locale; la variété Deglat ennour peut s'y développer, mais les fruits mûrissent mal (La raison étant sans doute le degré hydrométrique élevé, comme il a été démontré pour d'autres pays, mais ceci reste encore à établir nettement pour la Tunisie).

Notre étude des relations entre le sol et la végétation halophile de la Tunisie sera donc limitée aux palmeraies de la région continentale ainsi définie et aux incidences de ces relations sur la productivité de ces palmeraies. Or, au cours de notre étude nous avons constaté que, de tous les facteurs susceptibles d'entraîner une variation de la couverture végétale (pour une certaine amplitude de conductivité), le plus important est l'hydromorphie. Le 1^{er} paragraphe de ce chapitre lui est donc consacré. Mais, il faut également tenir compte des caractères originels du sol. Dans le 2^{me} paragraphe, nous étudions donc les relations entre la végétation hydromorphe des oasis et la composition chimique du sol. Enfin le 3^{me} est consacré à un essai d'interprétation des données écologiques à partir d'un groupement donné.

II. — RELATIONS ENTRE VEGETATION ET HYDROMORPHIE

De tous les facteurs écologiques qui limitent la productivité des palmeraies, c'est l'hydromorphie dont l'influence est la plus fréquente (dans un certain intervalle de conductivité); en effet, la stagnation de l'eau de drainage, due à un défaut d'évacuation provoque l'asphyxie des variétés cultivées de palmier-dattier (voir dans les références bibliographiques : FAO, 1959; G. Novikoff, 1960-a). Nous étudions donc plus particulièrement les groupes écologiques et groupements hydromorphes des palmeraies.

Nous distinguerons donc, en partant du groupe qui caractérise l'hydromorphie la plus forte :

39 Groupements à *Phragmites communis* var. *isiacus*, f. *pungens*, caractéristiques d'une hydromorphie forte, partielle, ou totale, pour une conductivité variant entre 4 et 100 millimhos.

40 Groupement à *Suaeda maritima* et *Frankenia pulverulenta* facies à *Suaeda maritima*, caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie partielle, superficielle, moyenne, pour une conductivité variant entre 6 et 25 millimhos.

41. Groupements à *Limonium tunetanum*, caractéristiques, dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie moyenne à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos.

TABLEAU 66

N° des profils	Z des échantillons	Profondeur	Conductivité	p ^h	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé						Na T	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
K 2	A 39	0-50	35,5	8,3	0,57	9,8	31,5		275	4,0	290	22,0	154	30,0			
	A 40	50-75	44,5	8,3	0,41	13,6	9,6	36,0	365	3,5	380	22,5	196	34,5			
Dj 1	A 95	0-40	6,0	8,0	0,1	5,4	9,0		18	2,0	12	5,0	3				
	A 96	40-65	8,0	8,2	0,1	6,2	12,0		30	1,5	26	8,0	2				
	A 97	65-100	8,0	8,2	0,2	8,8	8,0		30	1,5	24	8,0	3				
Ke 57	A 69	0-40	9,0	8,0	0,051	9,3		30,0	42	1,5	58	26,5	21	14,0	0	0,39	
	A 70	40-75	9,1			9,7		30,0	40	1,7	55	32,5	20	12,5	0	0,39	
	A 71	75-105	8,7	7,0	0,15	7,7		23,8	40	1,3	52	30,5	15	12,2	0	0,45	

42. Groupements à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata*, caractéristiques pour les étages aride inférieur et saharien, de sols à texture grossière, irrigués mais non hydromorphes, pour une conductivité variant entre 4 et 12 millimhos.

39. Groupements à *Phragmites communis* var. *isiacus* f. *pungens*, caractéristiques d'une hydromorphie forte, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 4 et 100 millimhos.

1. Groupement à *Phragmites communis* var. *isiacus* et *Salicornia arabica*

Végétation : N° 1.650 du tableau phytosociologique 6.

a) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'hydromorphie forte partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 10 et 100 millimhos :

Phragmites communis var. *isiacus* f. *pungens*

b) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'hydromorphie forte peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

Conditions édaphiques.

Numéro : Kettana 2, Date : 3 Août 1960.

Caractères géomorphologiques : ancien bras d'oued.

Localisation géographique : feuille Mareth de la carte d'Etat Major au 1/50000° de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 528,50; 350,50.

Description.

0-50 cm : sablo-limoneux; brun très pâle (C 54), avec peu abondantes taches gris foncé (C 90), grandes, à passage progressif, dégageant une odeur d'hydrogène sulfuré à l'acide chlorhydrique; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique modérée, courte; ni racines ni radicelles; humide.

50-75 cm : sablonneux et gypseux; gris (E 90), avec abondantes taches gris foncé dont une partie dégage une odeur d'hydrogène sulfuré sous l'action de l'acide, quelques taches jaune rouge (C 56) à passage progressif; structure diffuse, friable (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne mais courte; racines et radicelles, très humide.

Plan d'eau salé à 75 cm.

Observations : la profondeur du plan d'eau correspond à celle du niveau de l'eau dans le fossé de drainage.

Analyses : voir tableau 66.

Interprétation : L'examen des analyses et du profil nous montre que le sol est fortement salé (conductivité variant dans le profil de 35,5 à 4,5 millimhos); d'autre part le rapport Na/T est élevé; le sol est donc fortement salé à alcali. L'étude du profil nous montre qu'il existe en profondeur un horizon à hydromorphie forte, avec au-dessus un horizon à hydromorphie plus faible; les taches sont toutes à passage progressif, ce qui nous indique que ce processus est actuel.

2. Groupement à *Phragmites communis* var. *isiacus* f. *pungens* et *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata*.

Dans le cas envisagé, il y a superposition de deux groupes écologiques.

Végétation : relevé n° 3.803 du tableau phytosociologique 6, effectué le 10 Mars 1961.

a) Groupe écologique monospécifique, caractéristique d'hydromorphie forte, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 10 et 100 millimhos :

Phragmites communis var. *isiacus* f. *pungens*

g) Groupe écologique caractéristique pour les étages aride inférieur et saharien de sol à texture grossière, irrigué mais non hydromorphe, pour une conductivité variant entre 4 et 12 millimhos :

Setaria verticillata ssp. *eu-verticillata*

Dactyloctenium Aegyptiacum

Lotus creticus ssp. *eu-creticus*

Dans ce relevé existe aussi *Crepis bulbosa* et *Juncus maritimus*.

La végétation est assez homogène et ne dépasse jamais 40 pour 100 de degré de recouvrement.

Conditions édaphiques.

Numéro : Djérid 1.

Caractères géomorphologiques : basse terrasse de l'oued Baïech

Localisation géographique : feuille Tozeur de la carte d'Etat-Major au 1/10000°.

Coordonnées en grades : 1,4880 gr.; 37,80 gr.

Description.

0-40 cm : jaune pâle, (A 82); sableux; grumeleux, à petites punctations noires; petites poches de gypse microcristallisé; effervescence à l'acide faible à moyenne, modérée; racines et racinelles; frais.

40-65 cm : jaune pâle, (A 82), quelques taches jaune-rouge, (C 46) et taches grises (E 90), grandes, à passage progressif; sableux; grumeleux; effervescence à l'acide moyenne, modérée; horizon d'abondance maximum des racines frais.

65-100 cm : gris très foncé, (J 90), constituant un horizon continu de sulfures (dégageant de l'hydrogène sulfuré par attaque à l'acide); sableux; structure compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; peu abondantes racines de palmier entourées d'un manchon noir de sulfures; très humide.

Plan d'eau salé à 110 cm.

Analyses : voir tableau 66.

Interprétation : L'examen des analyses et du profil Djerid 1 nous montre que le sol faiblement est salé en surface (6 millimhos) légèrement plus salé en profondeur (8 millimhos), non à alcali (rapport Na/T inférieur à 15 et fraction grossière importante). L'étude du profil nous montre l'existence d'un horizon à hydromorphie forte, situé en profondeur (gley et pseudogley); l'engorgement est faible en surface.

Discussion : A cette superposition d'horizons d'hydromorphie différente correspondent des groupes écologiques distincts; à l'horizon d'hydromorphie forte, situé en profondeur correspond l'existence du groupe (a); en surface se développe un groupe (b) caractéristique d'horizon superficiel non hydromorphe.

Mise en valeur : Une hydromorphie forte et une conductivité faible, comme c'est le cas pour ces groupements à *Phragmites*, ont une action différente sur la croissance du palmier dattier Deglat ennour suivant que l'horizon hydromorphe se situe en surface ou en profondeur. Lorsque l'hydromorphie est superficielle, le Deglat ennour meurt; par contre le problème est plus complexe dans le cas d'une hydromorphie de profondeur. Pour pouvoir apprécier son influence sur la productivité du Deglat ennour, nous avons étudié une station de référence, où cette variété se développe normalement et nous avons comparé les rendements avec ceux d'une zone hydromorphe (toutes autres conditions étant égales par ailleurs). Tel est le cas de la palmeraie de la Société l'Oasis (région du Djerid, Sud tunisien). Cette palmeraie comprend des plantations établies à la fois sur des zones hautes (saines) et des zones basses, à hydromorphie de profondeur forte. Les palmiers de la variété Deglat ennour sont âgés de 35 ans dans la première station. Dans la partie haute, le rendement des palmiers atteint 35 kgs par arbre; dans la partie basse, l'âge des palmiers est sensiblement le même (35 ans); Ils sont plantés au même écartement, soumis à des doses d'irrigation semblables et aux mêmes soins culturaux; le rendement des palmiers dans cette zone ne dépasse pas 10 kg par arbre. Le plan d'eau dans la zone basse se situe à 1,10 m de façon à peu près constante au

au cours de l'année (variation de ± 10 cm), ce qui correspond au niveau de l'eau dans le fossé de drainage. Ainsi l'existence d'une hydromorphie de profondeur, en l'absence d'une oscillation de la nappe, diminue les rendements des 2/3. Les palmiers dattiers de la variété Deglat ennourent peuvent donc se développer en présence d'un sol à hydromorphie forte, profonde, à faible teneur en sels solubles, mais les rendements sont fortement diminués.

Aménagement de la palmeraie dans le cas d'une hydromorphie de profondeur.

L'élévation du plan d'eau dans la partie basse de l'oasis résulte d'un défaut d'évacuation des eaux de drainage de la partie supérieure; il est donc nécessaire d'approfondir à la fois les canaux tertiaires secondaires, primaires, et d'assurer plus de pente au canal primaire.

40. Groupement à *Suaeda maritima* et *Frankenia pulverulenta*, facies à *Suaeda maritima*, caractéristique, dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie partielle, superficielle, moyenne, pour une conductivité variant entre 6 et 25 millimhos.

Végétation : relevé n° 1.107 du tableau phytosociologique 6. effectué le 10 Août 1960.

a) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien d'une hydromorphie partielle, superficielle, moyenne pour une conductivité variant entre 6 et 25 millimhos :

Suaeda maritima
Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*
Heliotropium curassavicum
Polygonum equisetiforme

b) Groupe écologique psammophile des sols irrigués pour une conductivité variant entre 2 et 30 millimhos dans l'étage saharien :

Frankenia pulverulenta
Spergula Heldreichii
Cynodon Dactylon var. *gigantea*

Dans ce relevé existe aussi *Limonium tunetanum*.

La végétation atteint, en moyenne, 40 pour 100 de degré de recouvrement

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 57 — date : 10 Août 1960.

Caractères géomorphologiques : croupe descendant en pente douce vers le chott.

Localisation géographique : feuille Douz de la carte d'Etat-Major au 1/100000° de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 7,4100 gr.; 37,2330 gr.

Description

0-40 cm : jaune pâle, (B 84), avec petites taches gris noir (H 10) mal individualisées, assez abondantes, des ponctuations gris très foncé, (J 90), peu abondantes; effervescence à l'acide moyenne, modérée; racines et radicelles, frais.

40-75 cm : brun très pâle, (C 62), à petites taches gris foncé, (F 10) à passage progressif, peu abondantes, des ponctuations blanchâtres (A 81), gypseuses, peu abondantes; sable fin légèrement limoneux, à structure diffuse; effervescence à l'acide forte à moyenne, modérée, racines et radicelles; humide.

75-105 cm : jaune pâle, (B 84), avec quelques ponctuations blanchâtres, (A 81), gypseuses; sable fin légèrement limoneux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide forte mais courte; les racines de palmier qui existent sont noirâtres, morte, et dégagent une odeur d'hydrogène sulfuré; très humide.

Plan d'eau à 105 cm.

Analyses : voir tableau 66.

Interprétation : L'examen des analyses du profil Ke 57 nous montre que le sol est faiblement salé, mais non à alcali car le rapport Na/ T est inférieur à 15. Nous observons dans le profil, l'existence de petites taches gris-noir, surtout localisées en surface; elles deviennent moins abondantes en profondeur; en même temps des ponctuations blanchâtres apparaissent dans cet horizon. Il existe donc un engorgement superficiel dont la présence se traduit par ces taches gris-noir.

En résumé, le groupement à *Suaeda maritima* et *Frankenia pulverulenta* facies à *Suaeda maritima* caractérise, dans les étages aride inférieur et saharien, une hydromorphie superficielle moyenne à faible, pour une conductivité variant entre 6 et 25 millimhos.

Mise en valeur et aménagement : Dans toutes les oasis où nous avons pu observer des taches constituées par le groupement à *Suaeda maritima* et *Frankenia pulverulenta* facies à *Suaeda maritima* et où ont été pratiquées des plantations des rejets de la variété Deglat ennour, de la variété Allig, ou des palmiers de noyau, nous avons pu constater que les rejets de Degat ennour étaient morts, ceux des variétés Allig étaient bien développés, de même que les palmiers à noyau.

Les taches d'hydromorphie superficielle correspondent à un engorgement superficiel du profil. Il en résulte un mauvais drainage; celui-ci doit donc être amélioré. Nous étudierons quelques cas en détail au paragraphe 3.

41. Groupements à *Limonium tunetanum* caractéristiques dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie moyenne à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos.

1. Etude du groupe écologique à l'état isolé.

Végétation : relevé n° 3.801 du tableau phytosociologique 6, effectué le 18 Mars 1960.

a) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien d'hydromorphie moyenne à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos :

Limonium tunetanum

Aeluropus littoralis var. *repens*

Spergularia marginata var. *tunetana*

Dans ce relevé existent aussi *Suaeda maritima*, *Zygophyllum album*, *Frankenia pulverulenta*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 22; date : 18 Mars 1960.

Caractères géomorphologiques : croupe descendant en pente douce vers le chott.

Localisation géographique : feuille Mennchia de la carte d'Etat-Major au 1/50000°.

Coordonnées Lambert : 354,5; 399,5.

Description.

0-65 cm : brun très pâle, (C 54), avec petites taches iaune-rouge. (D 58), peu abondantes, à passage progressif; sablonneux et gypseux; grumeleux; effervescence à l'acide moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

65-100 cm : brun très pâle, (C 54), à ponctuations blanchâtres (A 81), abondantes; sablonneux et gypseux; structure diffuse; effervescence à l'acide moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide à très humide.

Plan d'eau salé à 100 cm.

Analyses : voir tableau 67.

TABEAU 67

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₂ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na r calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
Ke 22	K 7	0-65	19,0	8	0,77	3,8	39,3	36,0	144	1,7	137,5	12,0	92	19,0	21,5		
	493	65-100	30,5			7,65	33,7	32,0	286	0,5	250,0	12,0	120	30,8	30,8		
Ke 55	40 A	0-35	26,25	8,2	0,56	10,2		35,6	226	3,1	220,0	50,5	72	28,2	29,0	0	0,73
	41 A	35-60	14,0			14,6		33,2	101	1,8	92,0	36,0	45	14,6	16,5	0	0,67
	42 A	60-135	14,0	7,3		10,6		32,4	93	1,2	100,0	35,0	39	16,6	18,3		
Ke 53	79 A	0-125	4,35	8,3	0,051	8,9		30,0	12	2,1	3,75	40,0	5	0,79	0	0	0,50
	82 A	125-155	7,4			9,3		28,0	37	2,3	29,0	40,5	9	5,9	6,8	0	0,50
	78 A	155-175	5,8	8,2	0,25	9,3		34,0	23	1,6	21,0	38,5	5,5	4,6	5,1	0	0,39

Interprétation : La conductivité des différents horizons du profil est voisine de 20 millimhos : Le sol est donc salé mais non à alcali (par suite de la prédominance de la fraction grossière et la présence de gypse). Les caractères du profil sont essentiellement

— les taches jaune rouge à passage progressif de l'horizon superficiel.

— les ponctuations blanchâtres de l'horizon sous-jacent.

De tels caractères définissent une hydromorphie moyenne à faible, dont l'intensité décroît de la surface vers la profondeur. En résumé, le groupe écologique à *Limonium tunetanum* et *Aeluropus littoralis* var. *repens* se développe sur des sols salés à hydromorphie moyenne à faible.

Mise en valeur et aménagement : Dans tous les cas observés, nous avons noté des symptômes de dépérissement des rejets de Deglat ennour; mais ceux-ci continuent à se développer. D'autre part, l'arbre est à sa limite de tolérance, qui d'après Durand (Tableau 34, p. 84, 1958) se situe aux alentours de 20 millimhos; dans ce cas, il paraît y avoir superposition de deux actions, hydromorphie et salure, et la première paraît plus importante que la deuxième. Ce groupe écologique révèle l'existence d'un engorgement temporaire du sol. Dans ce cas, il paraît nécessaire de faire surtout attention aux quantités d'eau apportées par l'irrigation; en même temps on doit surveiller le réseau de drainage de façon à pouvoir élargir la section des canaux lorsque cela est nécessaire.

2. Exemple de combinaison : Groupement à *Limonium tunetanum* et *Suaeda maritima*.

C'est le groupement le plus fréquent dans les vieilles oasis.

Végétation : relevé n° 1.111 du tableau phytosociologique 6, effectué le 18 Août 1961.

a) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien. d'hydromorphie moyenne à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos :

Limonium tunetanum

Spergula marginata var. *tunetana*

b) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie partielle, superficielle, moyenne pour une conductivité variant entre 6 et 25 millimhos :

Suaeda maritima

Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*

Polygonum equisetiforme

c) Groupe écologique psammophile des sols irrigués, pour une conductivité variant entre 2 et 30 millimhos dans l'étage saharien :

Frankenia pulverulenta

Mesembryanthemum nodiflorum

Cynodon Dactylon var. *gigantea*

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 55; date : 18 Août 1961.

Caractères géomorphologiques : bord de chott.

Localisation géographique : feuille Douz de la carte d'Etat Major au 1/100000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 37,2450 gr.; 7,4030 gr.

Description

0-35 cm : brun très pâle, (C 54), à assez abondantes ponctuations gris très foncé (J 90); sable fin légèrement limoneux; grumeleux; irrégulier; effervescence à l'acide moyenne, modérée; racinelles de palmiers, sec.

35-60 cm : jaune pâle, (H 78), avec grandes taches jaunes nettement individualisées (C 56), d'autres à passage progressif, peu abondantes, des ponctuations blanchâtres, (A 81), gypso-calcaires, peu abondantes; sable fin et gypseux; structure polyédrique irrégulière; effervescence à l'acide forte; horizon d'abondance maximum des racinelles de palmier; frais.

60-135 cm : jaune pâle, (B 83), avec grandes taches jaune rouge (C 56), nettement individualisées, ponctuations blanchâtres, (A 10) gypso-calcaires peu abondantes; sable fin et gypseux; structure diffuse (car humide), quelques Ras Kelb (poupées calcaires); effervescence à l'acide forte mais courte; racines peu abondantes; humide à très humide.

Plan d'eau salé à 135 cm.

Analyses : voir tableau 67.

Interprétation : L'examen des analyses et du profil nous montre que le sol est sale sur tout le profil avec une tendance à l'accumulation des sels solubles en surface. Le profil révèle l'existence de deux types de taches jaune rouges : les unes sont nettement individualisées, les autres sont à passage progressif; les premières, indiquent une hydromorphie ancienne, alors que les secondes montrent l'existence d'une hydromorphie actuelle. Il s'agit donc là, pour adopter la terminologie de Gèze, d'un sol hydromorphe, « héritier », monophasé. D'autre part, en surface, le profil montre des ponctuations noirâtres avec au-dessous un horizon à taches jaune-rouge à passage progressif et des ponctuations gypso-calcaires. En résumé, le groupement à *Limonium tunetanum* et *Suaeda mari-*

tima caractérise un sol salé, « héritier », à hydromorphie complexe, moyenne en surface, puis moyenne à faible en profondeur.

42. Groupements à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* caractéristiques pour les étages aride inférieur et saharien, des sols à texture grossière, irrigués mais non hydromorphes, pour une conductivité variant entre 4 et 12 millimhos.

1. Groupement à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* et *Cynodon Dactylon* var. *gigantea*.

Végétation : relevé n° 3.602 du tableau phytosociologique 6, effectué le 16 Août 1961.

a) Groupe écologique caractéristique pour les étages aride inférieur et saharien de sol à texture grossière, irrigué, mais non hydromorphe, pour une conductivité variant entre 4 et 12 millimhos :

Setaria verticillata ssp. *eu-verticillata*
Dactyloctenium Aegyptiacum
Bassia muricata
Crepis bulbosa

b) Groupe écologique psammophile des sols irrigués pour une conductivité variant entre 2 et 30 millimhos dans l'étage saharien :

Cynodon Dactylon var. *gigantea*
Spergula Heldreichii
Plantago albicans

Comme autres espèces existant dans le relevé, citons : *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*, *Anagallis arvensis*, *Launea resedifolia*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 53 — date : 16 Août 1961.

Caractères géomorphologiques : croupe descendant en pente douce vers le chott.

Localisation géographique : feuille Douz de la carte d'Etat Major au 1/100000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 37,2430 gr.; 7,4100 gr.

Description

0-125 cm : jaune pâle, (C 82); sable fin; grumeleux, débris organiques peu abondants; effervescence à l'acide moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

125-155 cm : brun pâle, (C 61), quelques taches gris foncé, (F 10). petites, ponctuations blanchâtres (A 81), gypso-calcaires. peu

abondantes; sablo-limoneux; structure diffuse; effervescence à l'acide forte mais courte; ni racines ni radicelles; frais à humide.

155-175 cm : brun pâle, (C 61), quelques taches gris foncé (F 10); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse (car très humide); effervescence à l'acide moyenne, modérée; ni racines ni radicelles, très humide.

Plan d'eau salé à 175 cm.

Analyses : voir tableau 67.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est faiblement salé. non à alcali. En outre, l'étude du profil montre que l'hydromorphie ne se manifeste qu'en profondeur par la présence de quelques taches noires et de quelques ponctuations gypso-calcaires. En résumé, le groupe écologique à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* et *Cynodon Dactylon* var. *gigantea* se développe sur des sols faiblement salés, irrigués mais non hydromorphes des étages, aride inférieur et saharien.

2. Groupement à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* et *Suaeda maritima*.

Végétation : relevé n° 1.110 du tableau phytosociologique 6, effectué le 16 Août 1961.

a) Groupe écologique caractéristique pour les étages aride inférieur et saharien de sol à texture grossière, irrigué mais non hydromorphe, pour une conductivité variant entre 4 et 12 millimhos :

Setaria verticillata ssp. *eu-verticillata*

Dactyloctenium Aegyptiacum

Bassia muricata

b) Groupe écologique caractéristique, dans les étages, aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie partielle superficielle, moyenne, pour une conductivité variant entre 6 et 25 millimhos :

Suaeda maritima

Polypogon maritimum ssp. *eu-maritimum*

Heliotropium curassavicum

c) Groupe écologique psammophile des sols irrigués, pour une conductivité variant entre 2 et 30 millimhos dans l'étage saharien :

Frankenia pulverulenta

Cynodon Dactylon var. *gigantea*

Spergula Heldreichii

Lolium rigidum var. *tenue*

Comme autres espèces existant dans ce relevé, citons : *Limonium tunetanum*, *Chenopodium vulvaria*, *Hordeum distichum*.

TABEAU 68

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Na T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l			
Ke 50	49 A	0-55	6,2	8,2	0,25	7,3	10,8	30,0	46	2,0	42,5	43	7,0	10,1	0	0,42
	51 A	55-65	4,75			6,1		28,4	15	1,4	11,25	39	2,5	2,4	0	0,84
	52 A	65-110	6,1	8,1	0,051	7,3		30,0	27	1,4	22,5	42	3,5	5,8	0	0,42

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 50.

Caractères géomorphologiques : croupe descendant en pente douce vers le chott.

Localisation géographique : feuille Douz de la carte d'Etat-Major au 1/100000°.

Coordonnées en grades : 7,3900 gr.; 37,2550 gr.

Description.

0-55 cm : brun très pâle, (B 62), taches gris très foncé (C 90), petites, assez abondantes, se raréfiant vers le bas; sable fin limoneux; structure diffuse; effervescence à l'acide moyenne, modérée; racines et radicules; frais.

55-65 cm : brun rouge clair, (C 44), quelques taches grises (E 90), petites; sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse (car humide); effervescence à l'acide moyenne, modérée; ni racines ni radicules; humide.

65-110 cm : brun, (E 54); sable fin et gypseux; structure diffuse, compacte; gypse finement microcristallisé; effervescence à l'acide moyenne, courte; ni racines ni radicules; très humide.

Plan d'eau salé à 110 cm.

Analyses : voir tableau 68.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre que le sol est faiblement salé et non à alcali sur tout le profil.

En surface, nous observons des taches petites, gris-noir, l'hydromorphie est donc moyenne. En résumé, le groupement à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* et *Suaeda maritima* se développe sur des sols dont les caractères d'hydromorphie sont identiques à ceux du groupement N° 40, mais où la conductivité est plus faible. L'examen du relevé nous montre qu'à côté du groupe écologique caractéristique d'une certaine intensité d'hydromorphie pour une amplitude large de conductivité (groupe b), existent d'autres groupes, moins sensibles à l'hydromorphie et caractéristiques d'une amplitude de conductivité étroite : tel est le cas du groupe à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* qui caractérise une conductivité variant de 4 à 12 millimhos.

Conclusions : Nous pouvons ainsi établir une échelle de conductivité et d'hydromorphie basée sur la présence ou l'absence de certains groupes

— lorsque la conductivité varie de 4 à 12 millimhos, apparaît le groupe écologique à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata*.

— lorsque la conductivité varie en surface de 12 à 30 millimhos, seul subsiste le groupe écologique à *Frankenia pulverulenta*.

— la présence du groupement N° 41 indique une conductivité supérieure à 12-15 millimhos et allant jusqu'à 50 millimhos.

Un autre problème que nous avons pu mettre en évidence est l'action de l'hydromorphie sur le développement du palmier dattier Deglat ennour (voir pages 248 et 250). Lorsque l'on compare le profil Djerid 1, qui caractérise une hydromorphie de profondeur forte avec le profil Ke 57, caractérisant une hydromorphie de surface, moyenne à forte, nous constatons que dans le premier cas, l'hydromorphie n'affecte que la partie profonde de l'enracinement du palmier; dans le second profil, l'hydromorphie n'affecte que la partie superficielle de l'enracinement. L'étude comparée de la croissance des rejets de Deglat ennour nous montre que, si l'hydromorphie de profondeur gêne la croissance du palmier et diminue les rendements de 3/4, l'hydromorphie superficielle provoque la mort du rejet de palmier. Ceci est dû, comme nous l'avons montré dans une étude sur les palmeraies (1960), à ce que dans un sol sablonneux, 70 à 90 % des racines du palmier-dattier sont localisées dans la couche superficielle du sol.

Ainsi, il semble que le rejet de Deglat ennour soit beaucoup plus sensible à l'hydromorphie de surface qu'à l'hydromorphie de profondeur. Ceci montre la nécessité d'éviter l'engorgement du sol en déterminant avec précision les doses d'irrigation à apporter. D'autres variétés supportent mieux d'ailleurs cet engorgement superficiel.

III. — INFLUENCE DES VARIATIONS DE LA COMPOSITION CHIMIQUE (TENEUR EN GYPSE OU CALCAIRE) DU SOL SUR LA COMPOSITION FLORISTIQUE D'UN GROUPE ECOLOGIQUE DES PERIMETRES IRRIGUES

L'étude des associations des périmètres irrigués pose le problème suivant :

On est en droit de se demander, si dans un certain intervalle de conductivité les conditions écologiques créées par l'irrigation ne sont pas suffisamment fortes, pour effacer toute autre influence du milieu, créant par là même, une similitude de composition floristique entre des sols qui sont différents à l'origine par certains caractères pédologiques ?

Nous avons, pour cela, choisi d'étudier la variation de la composition floristique du groupe écologique à *Limonium tunetanum* et *Ae-*

luropus littoralis var. *repens*, dans l'intervalle de conductivité de 20 à 60 millimhos et ceci dans le cas d'un

— encroûtement gypseux de nappe irrigué

— d'un profil à Ras Kelb irrigué

1°) — *Cas d'un encroûtement gypseux de nappe irrigué*

Dans certaines conditions de proximité de la nappe et de concentration en sels solubles, il se forme un encroûtement gypseux de nappe, à gypse finement microcristallisé, appelé *terch*.

Végétation : relevé n° 1.117 du tableau phytosociologique 6, effectué le 15 Août 1961.

a) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie moyenne, à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos :

Limonium tunetanum

Aeluropus littoralis var. *repens*

b) Groupe écologique monospécifique caractéristique d'hydromorphie forte peu profonde, pour une conductivité variant entre 20 et 60 millimhos :

Salicornia arabica

c) Groupe écologique monospécifique caractéristique, pour les étages aride inférieur et saharien d'un encroûtement gypseux de nappe irrigué :

Cressa cretica

Dans ce relevé existent aussi *Launaea resedifolia*, *Ipomea sagittata*, et *Inula crithmoides*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 33 — date : 15 Août 1961.

Caractères géomorphologiques : basse terrasse de chott.

Localisation géographique : Djezireh, route Kébili-Tozeur, feuille Menchia de la carte d'Etat-Major au 1/50000°.

Description.

0-35 cm : jaune pâle, (J 88), à passage progressif; sablo-limoneux; grumeleux; pseudomycélium calcaro-gypseux; structure diffuse, très compacte, se débitant en éclats aigus, microporosité; effervescence à l'acide faible; ni racines ni radicelles; sec.

35-80 cm : brun très pâle, (B 63), avec petites poches brun-pâle (C 61); sable fin et gypseux; structure diffuse, très compacte, se débitant par éclats aigus, microporosité faible; effervescence à l'acide faible; ni racines ni radicelles; sec.

TABLEAU 69

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na T calcu- lé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
Ke 33	384	0-35	25,5	8,0	1,13	6,2	33,6	38	208	1,6	165	10,0	130,5	19,6	22,0
	385	35-90	58,0			4,6	37,2	36	650	2,2	480	80,0	195,0	41,0	37,0
Ke 38	465	0-40	15,0	8,8	0,20	22,7	12,6	30	122	6,0	90	30,0	60,0	13,4	16,0
	1460	40-80	15,8			6,2	0,6	42	120	2,0	90	34,0	58,0	13,2	15,7

80-90 cm : brun très pâle, (B 63); sable fin limoneux; structure diffuse; effervescence à l'acide faible; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 90 cm.

Analyses : voir tableau 69.

Interprétation : Les analyses et le profil Ke 33 nous montrent que la conductivité est de 25 millimhos et augmente dans la zone correspondant à l'encroûtement gypseux. Le sol est donc salé à fortement salé. Le rapport Na/T est supérieur à 15, mais la présence de gypse en qualités élevées rend ce sol salé non à alcali; l'hydromorphie est indiquée dans le profil par la présence de taches jaunero-rouge et de taches gris-clair.

Discussion : Le groupement caractéristique d'un encroûtement gypseux de nappe irrigué se compose :

— du groupe écologique à *Limonium tunetanum* et *Aeluropus littoralis* var. *repens*, indicateur d'hydromorphie moyenne à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos;

— du groupe écologique monospécifique à *Cressa cretica* qui ne se développe sur les sols irrigués que lorsqu'il existe un encroûtement gypseux finement microcristallisé.

2° — Cas d'un profil à « *Ras El Kelb* » irrigué.

Le « *Ras El Kelb* » ou « *tête du chien* » est une concrétion calcaire, peu gypseuse qui se développe dans certaines conditions de variation de nappe.

Végétation : relevé n° 1.120 du tableau phytosociologique 6, effectué le 20 Mars 1960.

a) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien, d'une hydromorphie moyenne à faible, partielle ou totale, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos :

Limonium tunetanum

Spergularia marginata var. *tunetana*

b) Groupe écologique caractéristique dans les étages aride inférieur et saharien, d'un horizon à « *Ras el Kelb* » irrigué pour une conductivité inférieure à 30 millimhos :

Zygophyllum album

Centaureum pulchellum

c) Groupe écologique psammophile des sols irrigués, pour une conductivité variant entre 2 et 30 millimhos dans l'étage saharien :

Frankenia pulverulenta

Spergula Heldreichii

Dans la végétation apparaissent souvent les chaumes de la céréale cultivée. Comme autres espèces existant dans le relevé, citons *Suaeda maritima*, *Hypomea sagittata*, *Salsola cruciata* et *Hordeum distichum*.

Conditions édaphiques.

Numéro : Kébili 38 — date : 20 Mars 1960.

Caractères géomorphologiques : basse terrasse de chott.

Localisation géographique : feuille Kébili de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e.

Coordonnées Lambert : 340,50; 417,00.

Description.

0-40 cm : brun très pâle, (B 63); sable fin limoneux, grumeleux; pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais humide.

40-80 cm : brun pâle, (C 61), quelques taches jaune rouge (C 56) à passage progressif; limono-sableux, structure diffuse, friable, avec Ras El Kelb devenant plus gros et plus abondants vers le bas; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 80 cm.

Analyses : voir tableau 69.

Interprétation : le sol est salé (voisin de 15 millimhos) et le rapport Na/T est inférieur à 20; or, ce dernier chiffre est inférieur à ceux admis pour un sol à alcali lorsque la texture est grossière, il s'agit donc d'un sol salé non à alcali. L'hydromorphie apparaît ici sous forme de pseudomycélium gypso-calcaire et de quelques taches jaune rouge à passage progressif, ce qui indique que le phénomène est actuel.

Discussion : Le groupement à *Limonium tunetanum* et *Zygophyllum album*, caractéristique des sols à « Ras El Kelb » irrigués peut donc se décomposer en 3 groupes écologiques

— un groupe écologique caractéristique des sols irrigués (*Limonium tunetanum* et *Aeluropus litoralis*).

— un groupe écologique différentiel à *Zygophyllum album* et *Centaureum pulchellum*.

— un groupe écologique psammophile des sols irrigués à *Frankenienia pulverulenta* et *Spergula Heldreichii*.

3° — Conclusions

L'examen des deux cas exposés nous montre qu'il existe un groupe d'espèces commun aux 3 profils

Limonium tunetanium
Aeluropus littoralis var. *repens*
Spergula marginata var. *tunetana*

Ce groupe caractérise des sols à hydromorphie moyenne à faible, pour une conductivité variant entre 12 et 50 millimhos. En outre, il existe des groupes écologiques caractérisant chacun un type de sol.

— Pour l'encroûtement gypseux irrigué :

Cressa cretica
Launea nudicaulis

— Pour le profil à Ras Kelb irrigué :

Zygophyllum album
Centaurium pulchellum

La végétation de chacun des deux cas étudiés se caractérise par la combinaison de deux groupes écologiques : (a), le premier définissant le régime d'hydromorphie et de salure; (b), le second caractérisant la présence d'un encroûtement gypseux ou d'un profil à « Ras El Kelb ».

L'examen de la végétation des périmètres irrigués montre ainsi que les conditions créées par l'irrigation ne parviennent pas à masquer entièrement les caractères provenant du profil originel du sol.

IV. — ESSAI D'INTERPRETATION PRATIQUE DES DONNEES ECOLOGIQUES A PARTIR D'UN GROUPEMENT HYDROMORPHE DONNE

Dans notre étude, déjà citée au début de ce chapitre (voir page 243) sur les extensions des palmeraies de Grâad, ben Zitoûn, El Faouar, nous avons montré que le facteur qui limite le plus le développement des jeunes palmeraies est l'hydromorphie superficielle. Nous avons également pu constater qu'à l'existence de cette hydromorphie superficielle correspondent des groupes écologiques déterminés.

Les groupes écologiques les plus fréquents sont : le groupe à *Suaeda maritima* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*, et le groupe à *Limonium tunetanium* et *Aeluropus littoralis* var. *repens*. Or, la présence et la répartition de ces deux groupes écologiques est déterminée par l'hydromorphie (par là même en relation avec les

conditions de drainage) et peut être la source d'indications très utiles sur l'état du réseau de drainage. C'est leur localisation par rapport au réseau qui constitue l'élément le plus significatif; ces groupes peuvent en effet se disposer

— soit le long d'un seul élément du réseau d'assainissement (répartition localisée).

— soit par taches, autour des fossés délimitant la parcelle étudiée, ou même à l'intérieur de la parcelle. Nous étudierons ces deux cas.

1°) — Répartition du groupe le long d'un seul élément du réseau d'assainissement.

La figure 9 illustre un tel cas; nous y avons représenté la répartition du groupe écologique à *Suaeda maritima* et *Heliotropium curassavicum* par rapport à l'un des canaux collecteurs de l'extension de l'oasis de Grâad (région de Kébili, Sud tunisien). Ce périmètre est établi sur un dôme descendant vers le chott en pente assez douce. On a représenté sur la figure une tranche de cette oasis depuis la partie la plus haute desservie par les canaux d'irrigation jusqu'à une zone plus basse, occupée partiellement par la végétation halophile. Dans chacune des parcelles desservies par le réseau d'assainissement, on distingue un fossé collecteur F2 (dont la profondeur atteint 1,20 m), descendant vers le chott et des fossés latéraux F3 moins profonds. Nous avons effectué deux observations, que nous avons par la suite vérifiées dans d'autres oasis.

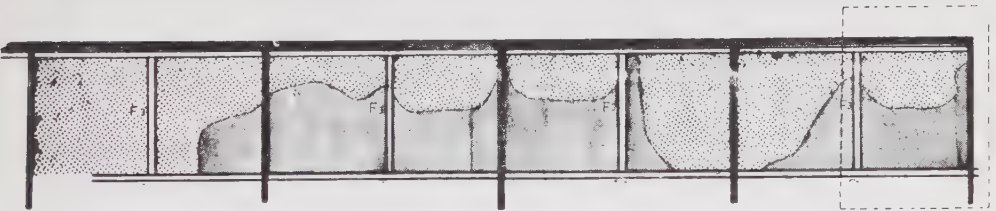


Fig. 9. — Schéma montrant, dans les parcelles irriguées de l'Oasis de Graad, la répartition par rapport au réseau d'assainissement, des groupes écologiques, à *Suaeda maritima* et *Heliotropium curassavicum*, à *Setaria verticillata* ssp. *euverticillata* et *Dactyloctenium aegyptiacum*.

-  Groupe écologique à *Suaeda maritima* et *Heliotropium curassavicum*.
-  Groupe écologique à *Setaria verticillata* ssp. *euverticillata* et *Dactyloctenium aegyptiacum*.
-  Réseau d'irrigation.
-  Fossés d'assainissement principaux (F. 2) et secondaires (F. 3).
-  Chemin de bordure.
-  Parcelle dont la répartition et l'état biologique des variétés de palmiers dattiers sont étudiés en détail à la figure 10.
-  Sens de l'écoulement de l'eau.

TABEAU 70

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH 1/25	Matière organique	CO ₂ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					S A R	Na T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₂ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
Ke 57	69 A	0-40	9	8	0,052	9,3	6,2	30	42	1,5	58	26,5	21	12	14	0	0,39
	70 A	40-75	9,1			9,7	5,6	30	40	1,7	55	30,5	20	11	12,5	0	0,39
	71 A	75-100	8,7	7	0,15	9,7	11,7	28,8	40	1,3	52	32,5	15	18,8	12,2	0	0,45
Ke 58	67 A	0-75	6,5	7,3	0,15	7,3	4	31,2	72	1,5	82	37	25	14,9	16,8	0	0,56
	68 A	75-133	7,2	7,3		8,1	4,3	32,8	25	1,5	11	34,5	20,5	2,1	1,8	0	0,60

La première observation est que la tache de végétation halophile constituée par le groupe à *Suaeda maritima* et *Heliotropium curassavium*, se localise le long des fossés collecteurs F2 du réseau d'assainissement de l'oasis : il s'agit donc d'un engorgement de bordure.

La seconde observation, déjà faite par des auteurs américains (U.S.D.A. Handbook N° 60, p. 3,1954) et soviétiques (V.A. Kovda p. 312,1946) notamment, est que les taches hydromorphes et salées apparaissent dans les zones basses de l'oasis. Il peut même parfois s'agir d'oasis établies sur des terrasses fluviales basses et moyennes (oasis de Teboulbou par exemple) et où les sols hydromorphes apparaissent presque exclusivement sur la basse terrasse.

TABLEAU 71

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ke 57	69 A	0-40	8,0	0,5	7,5	65	8,5
	70 A	40-75	1,0	0,5	3,0	90	2,0
	71 A	75-100	1,5	0,5	2,0	82	10,0
Ke 58	67 A	0-75	2,5	0	2,5	91	1,0
	68 A	75-133	2,0	0	4,0	90	1,0

Dans l'exemple choisi, nous avons étudié deux profils, le premier situé dans la tache hydromorphe et salée, le second à l'extérieur; enfin un sondage à la tarière nous a renseigné sur la position du plan d'eau dans des zones encore plus périphériques.

Description sommaire des profils.

Profil Ke 57 (à l'intérieur de la tache)

La description du profil est établie uniquement en fonction des caractères exprimant l'hydromorphie.

TABLEAU 72

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé						SAR	Na T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l					
Ke 53	79 A	0-125	4,35	8,3	0,051	8,9		30	12	2,1	3,75	40	5		0,79	0	0	0,50
	82 A	125-155	7,4			9,3		28	37	2,3	29	40,5	9		5,9	6,8	0	0,50
	78 A	155-175	5,8	8,2	0,25	9,3		34,4	23	1,6	21,25	38,5	5,5		4,6	5,1	0	0,39
Ke 51	28 A	0-65	7	8,2	0,051	8,1	5,5	32	31	1,8	21,5	40	15		4,1	4,3	0	0,39
	29 A	65-95	8			8,9	27,1	28	42	1,4	23,75	43	21		4,2	4,4	0	0,50
	44 A	95-125	12	8,1	0,15	6,7	31,8	28	74	1,3	63	50	28,5		10,1	11,7	0	0,34

0-40 cm : petites taches gris très foncé, (J 90), abondantes; sable fin limoneux, frais.

40-75 cm : petites taches gris très foncé (J 90), beaucoup moins abondantes; ponctuations blanchâtres, (A 10) peu abondantes, gypso-calcaires; humide.

75-100 cm : quelques ponctuations blanchâtres (A 10); très humide.

Plan d'eau à 100 cm.

Profil Ke 58 (à l'extérieur de la tache)

0-75 cm : ponctuations gris très foncé, (J 90); sable fin; frais à humide.

75-133 cm : gris, (D 10), avec quelques taches gris très foncé (J 90), à passage progressif; sable fin; racines mortes entourées d'un manchon de sulfures; très humide.

Plan d'eau à 133 cm.

Sondage à la tarière dix mètres plus loin : plan d'eau à 1,80 m.

Analyses : voir tableau 70 et 71.

(les numéros 1.107, 3.803 du Tableau phytosociologique 6, correspondent respectivement aux profils Ke 57 et Ke 58). Une étude sommaire de la végétation nous montre que la tache est constituée

TABLEAU 73

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
Ke 53	79 A	0-125	2	1	3	84	6
	82 A	125-155	3,5	1,5	6	80	5
	78 A	155-175	3,5	2	6,5	62	8
Ke 51	28 A	0-65	2	0	3	89,5	2
	29 A	65-95	7	1	4,5	60,5	13,5
	44 A	95-125	6	0	3,5	47	31

par le groupe écologique à *Suaeda maritima* et *Heliotropium curasavicum* (hydromorphie superficielle moyenne à faible et sol salé).

A l'extérieur de la tache de végétation hydromorphe et salée se développe le groupe écologique à *Setaria verticillata* ssp. *eu-verticillata* qui caractérise un sol à texture grossière, irrigué mais non hydromorphe, pour une conductivité variant entre 4 et 12 millimhos (sol moins salé que le précédent).

Interprétation des résultats écologiques par rapport au réseau d'assainissement.

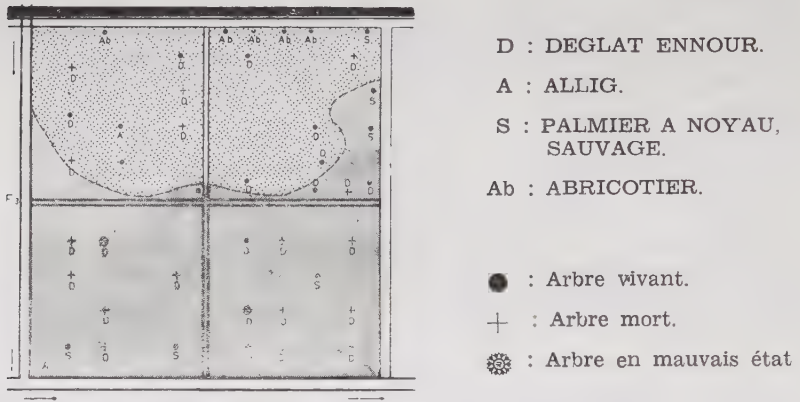


Fig. 10 — Répartition et état biologique des variétés de palmier dattier (Degla, Allig, palmier à noyau), d'abricotiers, par rapport au canal de drainage F. 2.

La tache de végétation hydromorphe et salée correspond à un engorgement du sol; celui-ci, dans le cas étudié, résulte d'une insuffisance de la section dimensionnelle du canal collecteur le long duquel s'étend cette végétation. Dans d'autres cas, l'engorgement peut exister le long des canaux secondaires d'assainissement; le seul remède consiste un « recalibrage » des fossés, suivi d'un curage régulier. D'autre part, des multiples observations que j'ai pu effectuer et qui sont illustrées par figure 10, nous avons pu constater que lorsque se développe le facies à *Suaeda maritima* du groupe écologique à *Suaeda maritima*, les rejets de palmiers-dattiers de la variété Deglat-ennour meurent ou dépérissent; par contre, les palmiers-dattiers de la variété Allig et les palmiers à noyau se développent mieux. Seules les variétés Allig et Deglat-ennour nous intéressent par leurs possibilités d'exportation.

Il est donc nécessaire, lorsqu'existent des périmètres d'extension des oasis établis sur des zones en pente, sur un sol à texture gros-

sière, de planter le long des canaux et sur une profondeur correspondant à l'extension possible de l'hydromorphie, des variétés *Allig* plutôt que des variétés *Deglat-ennour*.

2° — Répartition du groupe par taches.

Dans ce cas, la végétation se présente sous forme de taches occupant des surfaces plus ou moins importantes dans la parcelle et ne se localisant plus uniquement le long du canal collecteur.

Un exemple nous en est donné par une coupe établie dans l'oasis de ben Ziteûn. Nous y avons pratiqué deux profils, le premier (Ke 51), au milieu d'une de ces taches, le second dans la zone dépourvue de taches et qui nous a servi de parcelle de référence.

Conditions édaphiques.

Profil Ke 51

La description du profil est établie uniquement en fonction des caractères exprimant l'hydromorphie.

0-55 cm : assez abondantes petites taches gris-noir diminuant progressivement vers le bas de cet horizon; sable fin limoneux; sec.

55-65 cm : passage avec débris organiques; frais.

65-95 cm : quelques petites taches gris très foncé (J 90); sable fin un peu gypseux; humide.

95-125 cm : gypse finement microcristallisé, très humide.

Plan d'eau à 125 cm.

Profil Ke 53

0-125 cm : sable fin limoneux; sec.

125-155 cm : ponctuations blanchâtres gypso-calcaires; limono-sableux; humide.

155-175 cm : quelques taches gris-noir; limoneux; très humide.

Plan d'eau à 175 cm.

Analyses : voir tableaux 72 et 73.

Végétation et Interprétation : les groupements correspondent à ceux observés dans le cas précédent, soit le groupement à *Suaeda maritima* et *Heliotropium curassavicum* à l'intérieur de la tache, et à l'extérieur, le groupe écologique à *Setaria verticillata* ssp. *verticillata*. On note dans le profil Ke 51 une hydromorphie partielle, moyenne, descendante (taches gris-noir décroissant progressivement vers la profondeur). Le profil Ke 53 est d'une hydromorphie beaucoup plus faible. Dans les deux cas, la conductivité est assez faible, et les sols sont faiblement salés, non à alcali.

Interprétation des données écologiques

Nous avons pu effectuer les mêmes observations agronomiques que pour le 1^{er} cas : dans la zone correspondant au profil Ke 51, il y avait 6 djebars de palmier. Parmi ceux-ci, 5 étaient de la variété Deglat-ennour dont 3 morts et 2 dépérissants; le dernier rejet était un palmier-dattier de la variété Allig et se développait bien. Par contre, dans la parcelle correspondant au profil Ke 53, toutes les variétés de palmier-dattier se développaient bien.

En ce qui concerne l'interprétation agronomique, les conclusions précédentes s'appliquent de manière analogue, mais, dans ce cas, un « recalibrage » entier du système d'assainissement s'impose.

3° — *Conclusions*

Dans des zones ou des accidents d'hydromorphie sont craindre, il est recommandé de planter, dans la zone d'extension possible de l'hydromorphie, la variété *Allig* plutôt que la variété *Deglat-ennour*. Nous pouvons conclure que lorsqu'en un point du périmètre apparaît un certain type de végétation hydromorphe et salée, il est nécessaire de procéder à un recalibrage, soit d'un des éléments, soit du réseau d'assainissement tout entier. Les résultats de nos travaux ont été appliqués à la délimitation dans l'oasis de Nefta des zones à nappe plus ou moins proche, des causes de leur remontée, et du besoin du drainage (Dimanche, 1963).

V. — CONCLUSIONS GENERALES

De cette étude sur les relations entre la végétation et l'aménagement des palmeraies, nous avons dégagé des conclusions d'ordre théorique et des conclusions d'ordre pratique.

1° — *Conclusions d'ordre théorique* : (a), nous avons pu mettre en évidence l'existence des groupes écologiques caractérisant les uns l'hydromorphie (pour une amplitude de conductivité large), les autres des sols d'une composition chimique donnée, enfin d'autres groupes écologiques caractérisent une certaine gamme de conductivité; (b). nous avons pu également constater l'importance de l'hydromorphie dans le développement et le rendement des palmiers et établir des relations précises entre la présence d'un groupement donné et des valeurs d'hydromorphie déterminées (échelle d'intensité d'hydromorphie). L'importance de ce facteur ressort des exemples suivants dans les stations où nous avons pu observer des rejets morts de la variété Deglat-ennour (profils Nos 57, 58, 53, 51), les chiffres de conductivité oscillaient entre 6 et 10, chiffres inférieurs de loin aux limites de tolérance calculées et observées

pour le palmier Deglat-ennour (Durand, p. 84, 1858). Par contre on observe dans ces zones des signes d'hydromorphie qui constituent le facteur limitant le développement des jeunes palmiers; (c) en outre, nous avons vu que dans une large mesure (lorsque les chiffres de conductivité ne sont pas élevés), l'hydromorphie ne parvient pas à masquer totalement le caractère originel du sol, et qu'à chaque type de sol correspond donc, pour des conditions d'irrigation données, un groupe écologique différent.

2° — *Conclusions d'ordre pratique* : Nous aborderons successivement le problème de l'utilisation et de la conservation des ressources en eau, les problèmes de fertilité dans les palmeraies et d'écartement des plantations, les problèmes de lutte contre l'ensablement.

a) *Utilisation et conservation des ressources en eau.*

— quantités d'eau apportées par les irrigations. Bien que ce problème soit trop complexe, pour que l'on puisse tirer une conclusion définitive dans le cadre de ce travail, nous pouvons déjà remarquer que, lorsqu'on compare les quantités d'eau apportées par irrigation dans les palmeraies d'exploitation commerciale (plantées donc exclusivement en vue de la production de la Deglat-ennour) avec les quantités d'eau apportées aux palmeraies de type mixte (ou on pratique la culture en étages au sens large), on peut constater que les palmeraies du second type ont tendance à être « surirriguées » aux périodes de développement où l'eau leur est la moins nécessaire (décembre à mai) et sous-irriguées pendant la période où leurs besoins en eau sont les plus élevés (été). Cela pose donc le problème de la création de réserves en eau pour cette période ou d'un calendrier des cultures en fonction des ressources en eau.

— conservation des ressources en eau. Un autre problème se rapportant à la consommation de l'eau, est celui de l'étude de la possibilité d'utilisation de l'eau de drainage, par introduction de palmiers particulièrement tolérants au sel, ou le développement de certaines cultures fourragères tolérantes au sel (Liegostaïev 1954).

b) *Problème de fertilité du sol.*

A part quelques exceptions, on ne connaît pas la fumure minérale, et le fumier utilisé est mal préparé. D'autre part, les arbres sont plantés trop serrés. L'optimum se situerait entre 8 X 8 et 10 X 10 (sous réserve d'une expérimentation suivie confirmant ces hypothèses) pour des palmeraies plantées exclusivement à des fins de production; il va de soi que le problème change totalement lorsqu'il s'agit de oasis à population dense et où il est nécessaire de pratiquer des cultures vivrières.

c) *Problèmes de lutte contre l'ensablement.*

La plupart des oasis des Nefzaouas présentent (partiellement ou totalement) des zones ensablées. Cet ensablement est du à l'apparition des dunes vives, remplaçant progressivement les dunes fixes. Ceci résulte de la destruction de la couverture végétale par les habitants des oasis; n'ayant aucune ressource en bois de chauffage, ils détruisent les espèces buissonnantes et arbustives fixatrices des sables. Il serait donc nécessaire de créer, à la périphérie des oasis, des réserves forestières (plantation d'eucalyptus par exemple) susceptibles d'apporter le bois de chauffage; cette opération doit être complétée par la création de zones de mise en défens.



SEPTIEME PARTIE



VEGETATION HALOPHILE DES MARAIS SALES COTIERS



VEGETATION HALOPHILE DES MARAIS SALES COTIERS

En bordure des côtes de Tunisie, existent des zones submergées par la mer à intervalles plus ou moins réguliers; nous en avons distingué 3 types :

A — zones submergées au moment des grandes tempêtes.

B — zones recouvertes seulement au moment des marées les plus importantes, ou *schorres* (H. et G. Termier, p. 210, 1960).

C — zones soumises aux fluctuations régulières des marées, zones appelées *haute slikke* (id., p. 211, 1960).

A. — ZONES SUBMERGEES AU MOMENT DES GRANDES TEMPETES

De telles surfaces sont inondées pendant des périodes assez courtes; c'est le cas des dépressions situées en bordure de la mer à Bou-Ficha (région du Cap-Bon, Tunisie du Nord), derrière un cordon littoral. Au moment des grandes tempêtes, l'eau pénètre à travers des ouvertures du cordon (fig. 11).

Le plus souvent, dans de telles dépressions, il existe deux zones nettement différenciées que nous étudierons successivement : celle correspondant au passage de l'eau à travers le cordon littoral, et celle où l'eau s'accumule; à ces deux zones correspondent deux groupes écologiques distincts

— groupe écologique à *Salicornia arabica* var. *erecta*⁴.

— groupe écologique à *Salicornia radicans*.

43. Groupe écologique à *Salicornia arabica* var. *erecta* et *Halimione portulacoides* var. *laevis*.

Ce groupe se développe, à l'état pur, dans la zone de passage de l'eau à travers le cordon littoral.

Végétation : relevé n° 2.000 du Tableau phytosociologique 5, effectué le 20 Septembre 1961.

Groupe écologique caractéristique des sols salés à alcalis côtiers, à sulfures, à plan d'eau très proche de la surface :

Salicornia arabica var. *erecta*

Halimione portulacoides var. *laevis*

(4) Il s'agit d'une variété beaucoup plus haute que *Salicornia arabica* type

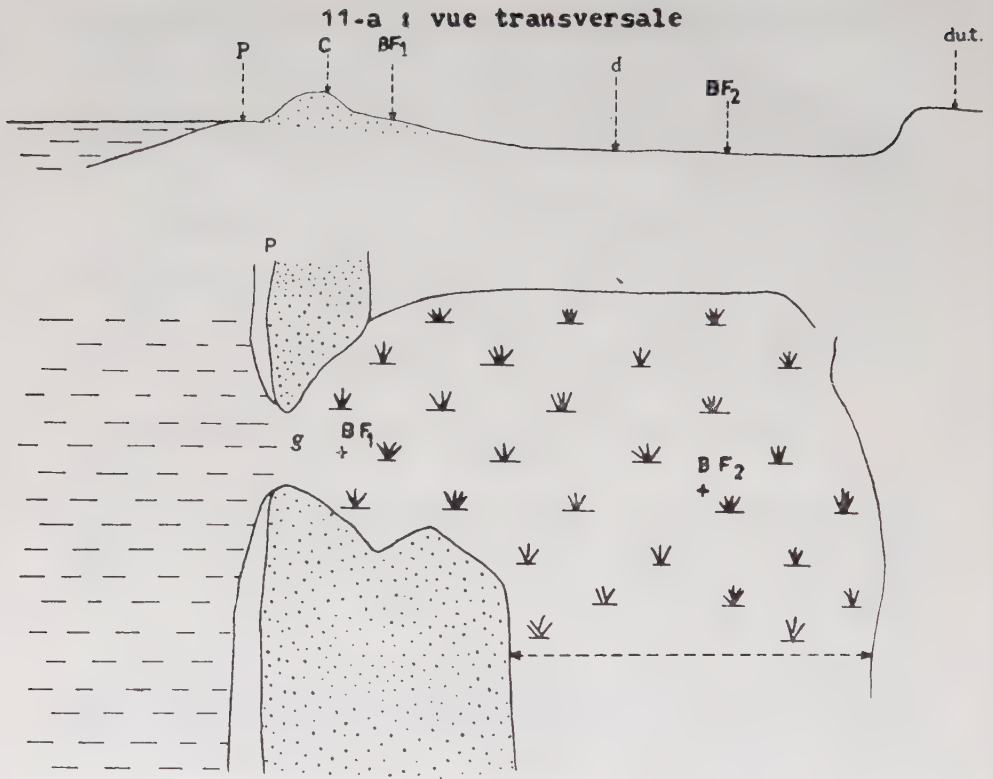


Fig. 11. — Schéma montrant la topographie d'une dépression située en arrière du cordon littoral dans la région de Bou-Ficha.

p. : Plage.

du. t. : Dune tyrrhénienne.

g. : Ouverture du cordon par où pénètre la mer (grau) au moment des grandes tempêtes.

d. : dépression.

BF₁ et BF₂ : Profils indiqués dans le texte.

TABLEAU 74

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					Σ A R	Na T calculé
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l		
B F 2	149	0-1		8,2	2,41	5,5	2,3	54	1820	1,7	1750	79	273	132,6	66
	154	1-10	63			6,38	1,8	71	830	5	688	70	160	64,3	48,1
	174	10-30	68	8,5	1,34	8,93	1,3	64	800	4	738	60	140	73,8	51,8
	175	30-45	33			8,51	0,9	58	330	4	325	20	40	60,2	46,5
	176	45-65	5	9,7	0,051	5,10	1	24	36	1,8	36	4	6	16,4	18,4
B F 1	198	65-80	11,25			8,51	0,8	20	82	1,7	84	21	18	19	21,4
	375	0-20	34			3,4		64	440	44	363	30	70	51,9	42,9
	377	20-29	29			1,7		72	350	44	300	15	70	46,2	40,3

La végétation est assez clairsemée et ne dépasse pas 8 pour 100 de degré de recouvrement.

Conditions édaphiques.

Numéro : Bou Ficha 1 — date : 20 Septembre 1961.

Date : 20 septembre 1961.

Localisation géographique . feuille Bou-Ficha de la carte d'Etat-Major au 1/5000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 556,40; 339,10.

Caractères géomorphologiques : dépression côtière, inondée temporairement par la mer.

Description.

0-20 cm : argilo-sableux; brun pâle, (C 61), avec taches grises, (D 10), abondantes, à passage progressif, quelques gaines d'oxydation rouge foncé (H 34), autour des racines; structure compacte (car humide); effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, longue; racines et radicelles; humide.

TABLEAU 75

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
B F 2	149	0-1	29	28	7,5	7,5	5,0
	154	1-10	50	25	5,0	2,5	7,5
	174	10-30	56	17	5,0	1,0	14,0
	175	30-45	40	9	2,5	3,5	39,0
	176	45-65	0	0	0,	5,0	95,0
	198	65-80	1	1	0	7,5	90,0
B F 1	375	0-20	47	6	3,0	1,0	35,0
	377	20-29	63	5	1,0	4,0	30,0

20-29 cm : argileux; brun-gris, (F 62), avec grandes taches grises, (D 10), abondantes, à passage progressif; abondants débris organiques et boules de Zoostères; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, longue; racines et radicelles rares; humide à très humide.

Plan d'eau à 30 cm.

Analyses : voir tableaux 74 et 75.

Interprétation : l'étude des fractions granulométriques, ainsi que la présence des boules de Zoostères nous indique que le sol est d'apport marin. Les analyses nous montrent que le sol est fortement salé à alcali pour l'horizon superficiel, salé à alcali pour l'horizon profond. Les chiffres de pH paraissent normaux. En réalité, dans les conditions naturelles, les valeurs du pH sont inférieures à 7 : la prédominance des taches de sulfures indique l'existence des conditions réductrices.

L'étude du système racinaire nous montre que celui-ci s'étend jusqu'à la moitié du second horizon.

Le groupe écologique à *Salicornia fruticosa* var. *erecta* et *Halimione portulacoides* var. *laevis* se développe sur des sols fortement salés à alcalis, à sulfures soumis à une submersion irrégulière de la mer.

44. Groupe écologique à *Salicornia radicans*.

Ce groupe écologique se développe dans la zone où l'eau s'accumule.

Végétation : relevé n° 2.224 du tableau phytosociologique 5, effectué le 23 Septembre 1961.

a) Groupe écologique caractéristique d'hydromorphie moyenne dans la partie moyenne du profil pour une conductivité variant entre 30 et 80 millimhos :

Salicornia radicans

Aeluropus littoralis var. *repens*

Comme autres espèces faisant partie du relevé, citons *Halimione portulacoides* var. *laevis*, *Limoniastrum monopetalum*, *Frankenia laevis* var. *laevis*.

La végétation est bien développée et atteint 80 pour 100 de degré de recouvrement.

Conditions édaphiques.

Numéro : Bou Fich 2 — date : 23 Septembre 1961.

Localisation géographique : feuille Bou-Ficha au 1/50000° de la carte d'Etat-Major de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 555,80; 339,00.

Caractères géomorphologiques : dépression côtière, inondée temporairement par la mer.

Description.

- 0-1 cm : pseudo sable argileux, brun jaune foncé, (F 63); particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique, faible, courte; ni racines ni radicelles; sec.
- 1-10 cm : limono-argileux; brun pâle, (C 61); structure polyédrique à nuciforme. moyenne, nette, à microporosité faible; à éléments sablonneux en petites poches, de couleur blanche, (A 10); effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; racines et radicelles abondantes; sec.
- 10-30 cm : argileux; olive pâle, (E 83); avec tache gris-clair, (C 90), à passage progressif; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte, tendance à une structure polyédrique fine; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; sec.
- 30-45 cm : argilo-sableux; brun-jaune (E 64); structure compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.
- 45-65 cm : sablonneux; brun très pâle, (C 54), avec taches rouge jaune, (E 46), passant progressivement, (J 36), à la couleur jaune rouge, (D 36), quelques taches brun rouge foncé, (J 36), grandes, nettes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; quelques radicelles; humide.
- 65-80 cm banc de sable consolidé (dune tyrrhénienne) en lits très compacts; brun pâle, (C 61), avec grande taches jaune brun, (D 66), nettes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; ni racines ni radicelles; humide à très humide.

Plan d'eau salé à 80 cm.

Analyses : voir tableaux 74 et 75.

Interprétation : L'examen des analyses nous montre un sol très fortement salé à alcali en surface, salé à alcali en profondeur. En outre, l'étude du profil révèle une hydromorphie moyenne indiquée par la couleur brun olive clair (hydromorphie partielle superficielle); en profondeur on constate l'existence d'une hydromorphie moyenne; *Halimione portulacoides* var. *laevis* est la seule espèce du groupe N° 43 qui se développe dans cette station, quoique sa taille soit plus petite que celle atteinte dans des conditions optimales.

B. — ZONES RECOUVERTES AU MOMENT DES MAREES
LES PLUS IMPORTANTES OU SCHORRES

L'exemple choisi concerne la sebkha d'Oum ez Zessar dans le golfe de Gabès. Il existe là toute un système complexe de chenaux de marée dont l'érosion a été étudiée par P. Bureau (1961) et dont nous avons signalé les particularités au point de vue végétation (G. Novikoff, 1960-b).

De chaque chenal (fig. 12) partent des ramifications plus fines et plus hautes que le fond de ce chenal; il en résulte que seules des marées d'une certaine amplitude pénètrent dans la ramification. Nous étudierons le facies à *Salicornia arabica* var. *erecta* du groupe écologique à *Salicornia arabica* var. *erecta* et *Halimione portulacoides* var. *laevis*.

Végétation : relevé n° 2.010 du tableau phytosociologique 5, effectué le 25 septembre 1961.

Groupe écologique caractéristique des sols salés à alcalis côtiers, à sulfures, à plan d'eau très proche de la surface :

Salicornia arabica var. *erecta*

Halimione portulacoides var. *laevis*



Fig. 12. — Schéma montrant la répartition de la végétation dans l'une des ramifications (r) par rapport au chenal de marée (c).

La végétation est très dense, atteignant 100 pour 100; elle est surtout constituée par la Salicorne.

Conditions édaphiques.

Numéro : M2.

Date : 25 septembre 1961.

Localisation géographique : feuille Mareth de la carte d'Etat-Major au 1/50000^e de la Tunisie.

Coordonnées Lambert : 550.05; 337.00.

Caractères géomorphologiques : schorre à chenaux de marée.

TABLEAU 76

No des profils	N° des échantillons	Profondeur	Conductivité	pH	Matière organique	CO ₃ Ca total	SO ₄	Saturation de la pâte en %	Sels solubles dans l'extrait saturé					SAR	Na T calculé	Fer libre	Fer total
									Cl meq/l	CO ₃ H meq/l	Na meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l				
M 2	2719	0-15	75	8,4	1,38	30,1	1,1	74	895	1,6	740	51	195	75,7	52,3	0,4	3,3
	2781	15-55	73	8,2		13,3	2,6	74	840	1,2	775	40	176	75,2	52	0,25	3,2
	2404	55-85	72	8,7	3,44	26,2	1,9	38	825	1	765	56	164	73,2		0,06	1,4
T 1	3560	0-20	85	8,6	2	28	3	65	900	2	760	30	190				

Description.

0-15 cm : limono-argileux; brun très pâle, (C 54), à taches brun pâle, (C 61), taches jaune rouge, (D 36), à passage progressif formant manchon autour des racines et dans la masse, très abondantes taches de sulfures (dégageant de l'hydrogène sulfuré) à passage progressif de couleur gris-foncé, (F 10), passant à gris-clair, (C 90); massif, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; abondantes racines et radicelles; humide.

15-55 cm : limono-argileux; couleur grise, (E 90), avec grande taches gris-foncé, (F 10), à passage progressif; quelques taches jaune-rouge, (D 46), passage progressif; massif, friable; abondants et fins débris organiques; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; radicelles peu abondantes; humide.

55-85 cm : sablo-argileux; gris, (E 90); massif, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé.

Analyses : voir tableaux 76 et 77.

TABLEAU 77

N° des profils	N° des échantillons	Profondeur	Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers
M 2	2.719	0-15	34	35	10	14	2
	2.781	15-55	34	35	11	16	3
	2.404	55-85	12	14	13	57,5	2,5

Interprétation : L'examen des tableaux 76 et 77 fait ressortir que le sol à la même composition granulométrique dans ses deux premiers horizons, mais sa texture change ensuite; les analyses nous indiquent que le sol est très fortement salé à alcali, et il existe

des sulfures sur la plus grande partie du profil; il s'agit donc d'un sol de polder.

En résumé, et compte tenu de l'extension du système racinaire, le facies à *Salicornia arabica* var. *erecta* du groupe écologique à *Salicornia fruticosa* var. *erecta* et *Halimione portulacoides* var. *laevis* se développe sur des sols côtiers très fortement salés à alcalis, soumis à des submersions journalières de la marée.

C. — ZONES SOUMISES AUX FLUCTUATIONS REGULIERES
DES MAREES, (ZONES APPELEES HAUTE SLIKKE)

La végétation étudiée dans ce paragraphe se développe dans une zone soumise aux fluctuations de la marée; celle-ci, lorsqu'elle atteint son amplitude maximum recouvre la végétation.

Végétation : relevé n° 2.226 du tableau phytosociologique 5, effectué le 30 septembre 1961.

Groupe écologique caractéristique des sols salés à alcalis côtiers, à sulfures, constamment imbibés d'eau :

Salicornia arabica var. *radicans*

Halimione portulacoides var. *laevis*

La végétation se présente sous l'aspect d'une pelouse très dense, rase où la Salicorne devient radicante et constitue un facies.

Conditions édaphiques.

Numéro : T 1 — date : 30 Septembre 1961.

Localisation géographique : feuille Adjim de la carte d'Etat-Major au 1/100000^e de la Tunisie.

Coordonnées en grades : 37,2.030 gr.; 9,1.700 gr.

Caractères géomorphologiques : zone inondée régulièrement par la marée.

Description.

0-20 cm : argileux; gris, (E 90), à grande taches gris foncé, (F 10), (l'ensemble dégage une forte odeur de sulfures); structure compacte, avec débris de coquilles de Lamellibranches; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; très humide.

Il est difficile, et même inutile, de parler dans de telles conditions de plan d'eau.

Analyses : voir tableau 76 et 77.

Interprétation : l'examen des analyses nous montre que le sol est très fortement salé à alcali. En outre, l'étude du profil indique par sa couleur grise et les taches gris foncé, par le degré d'imbition du profil, par l'odeur d'hydrogène sulfuré, l'existence d'un sol de polder (voir page 327). Le groupe écologique à *Salicornia fruticosa* var. *radicans* et *Halimione portulacoides* var. *laevis* se développe donc sur des sols de polders, très fortement salés, soumis à des submersions journalières de la marée.

D. — CONCLUSIONS

1°) *Comparaison des 3 localités entre elles*. La comparaison des trois localités nous montre

— qu'en A, il y a persistance des groupes écologiques caractéristiques d'hydromorphie pour une certaine conductivité et d'une seule espèce du groupe écologique, caractéristique des sols salés à sulfures; en même temps, l'horizon à sulfures est proche de la surface; les submersions sont dans ce cas, liées au grandes marées;

— qu'en C, le groupe côtier existe toujours, mais l'une des espèces qui le constitue, *Salicornia fruticosa* prend un port radican en formant des pelouses très denses; dans ce groupe, les submersions sont liées aux marées journalières et l'horizon à sulfures se situe pratiquement dès la surface.

On peut ainsi résumer les conclusions précédemment exposées : à partir d'une certaine fréquence des submersions, il ne subsiste plus dans les trois cas étudiés que le groupe écologique à Salicornia arabica var. *laevis*. *En outre, lorsque les submersions augmentent, la Salicorne change de port et devient radicante. Il s'agit probablement (et ce n'est là qu'une hypothèse) d'une écomorphose.*

Ceci vient confirmer les observations d'Emberger et Raynal (loc. cit.) effectuées au Maroc.

2°) *Comparaison avec des travaux similaires effectués dans le bassin méditerranéen.*

a) En Tunisie et en Méditerranée orientale, Pignatti a étudié floristiquement les marais côtiers (1952), mais n'ont pas été mis en évidence

— les caractères pédologiques des stations

— l'écologie et notamment les relations entre le port de la Salicorne (*Salicornia fruticosa*) et la fréquence des submersions. Des études analogues à celles de Pignatti ont été effectuées par Orshan et Zohary (1955) en Israël.

b) La comparaison de nos observations écologiques avec les études effectuées dans le Languedoc (voir notamment le Prodrôme de J. Br. Blanquet, 1952) montre que les marais côtiers de Tunisie sont peu diversifiés; ils ne présentent pas, comme dans le Languedoc, des zones de végétation aussi variées et aussi nombreuses. La végétation étudiée possède toutefois un caractère original, assez rare dans le bassin méditerranéen, qui est d'être lié à l'existence des marées.

c) Essayons de comparer un tel groupe écologique avec les unités phytosociologiques définies par Chapman (1959) dans sa classification des marais salés du monde

— la dominance de *Salicornia fruticosa* apparente ce groupe au *Salicornietum fruticosae* de Braun — Blanquet (1931) pour la région méditerranéenne et au *Coeno-Salicornietalia* de Chapman (p. 223, 1959) à l'échelon mondial;

— toutefois l'existence de *Halimione portulacoides* var. *laevis*, strictement localisé aux zones plus ou moins fréquemment submergées par les marées, éloigne ce groupe écologique des unités précédemment citées. Or cette espèce, suivant la classification de Chapman, ne se trouve à aucun moment en combinaison avec *Salicornia fruticosa*; en outre, on ne signale nulle part l'existence de la forme radicante qu'acquiert *Salicornia fruticosa* dans des zones soumises à des submersions fréquentes.

3°) Mise en valeur des marais salés côtiers de Tunisie.

La mise en valeur des marais salés côtiers de Tunisie pose des problèmes complexes, qui doivent être envisagés sous le double aspect hydraulique et agronomique.

a) Problèmes hydrauliques.

La première étape de mise en valeur d'un marais côtier consiste en la création, suivant les méthodes hollandaises, d'une digue pour isoler le marais de la mer; ceci ne se justifie que lorsque les marais côtiers couvrent de grandes surfaces; l'opération est alors rentable, ce qui n'est pas le cas en Tunisie (où ces zones sont trop petites). Un autre facteur risque de limiter l'exploitation de tels endroits : l'existence en profondeur de couches très perméables, en communication avec la mer; un drainage profond, atteignant cette couche (à 1,30 m. de profondeur) serait inefficace (Sourdat, 1960); dans ce cas, seul un drainage partiel et superficiel est possible ce qui limite beaucoup les possibilités de mise en valeur.

b) Problèmes agronomiques.

La seule utilisation possible de ces zones consiste en la création, après drainage partiel, de pâturages à base d'espèces fourragères tolérantes au sel, ceci à condition que la salure du sol ne soit pas trop élevée. De toute façon, l'opération ne permettra qu'une valorisation faible de la zone étudiée.

HUITIEME PARTIE



CONCLUSIONS GENERALES

BIBLIOGRAPHIE

CLASSIFICATION DES SOLS SALES ETUDIES



CONCLUSIONS GENERALES



CONCLUSIONS GENERALES

I. — CONCLUSIONS D'INTERET GENERAL

L'étude des relations entre le sol et la végétation halophile nous a conduit à étudier et à préciser les éléments suivants :

A. — Structure de la végétation halophile.

B. — Relation entre la végétation halophile et les facteurs écologiques qui la caractérisent.

C. — Conditions de zonation de la végétation.

D. — Unités naturelles, végétation et mise en valeur, esquisse d'une méthode d'analyse et de classification de la végétation halophile.

E. — Contribution à l'étude des sols salés de Tunisie.

A. Structure de la végétation halophile.

1) Nous avons pu démontrer qu'il existe en Tunisie des groupes écologiques halophiles, monospécifiques ou polyspécifiques.

2) Ces groupes peuvent se superposer dans une même station, soit simultanément soit successivement : Dans certaines conditions existe une superposition simultanée de la végétation halophile; on constate ainsi, dans une même station, la coexistence des groupes écologiques correspondant, par exemple, à des milieux de salure et d'hydromorphie différents. Une étude du système racinaire et du profil nous montre une stratification des racines correspondant à une superposition des milieux. Ceci vérifie l'hypothèse de Zohary, citée par Killian⁵, suivant laquelle, il existe souvent des complexes halophiles plutôt que des associations; de la même manière se retrouvent également les observations fragmentaires de Keller (p. 209, 1940), mais appliquées dans notre travail de manière généralisée et systématique à l'étude de la végétation halophile.

Dans d'autres cas, on constate l'existence de deux groupes écologiques dont le système racinaire exploite la même tranche de sol, mais dont le cycle de développement se situe à deux périodes différentes de l'année; tel est le groupement à *Arthrocnemum indicum* et *Juncus subulatus* (voir page 151) où on distingue un groupe

⁵ Ce sont les propres phases de Zohary qui sont citées par Killian (Killian, p. 73, 1953).

écologique monospécifique, caractéristique d'une salure forte, (*Arthrocnemum indicum*), et un groupe écologique caractéristique de conditions de submersion (*Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*); le groupe achève son cycle de développement pendant la période où le sol ne s'est pas encore ressuyé. Ainsi, lorsque le sol s'est ressuyé, *Juncus subulatus*, de même que *Polypogon* ont fructifié et se dessèchent; le groupe (1), constitué par *Arthrocnemum indicum* présente un aspect rougeâtre pendant la submersion. puis, le sol s'étant ressuyé, reprend une couleur normale, fleurit et fructifie en été: D'autres exemples du même type pourraient être cités.

Il en résulte que le développement d'*Arthrocnemum* et des espèces du groupe (2) sont décalés l'un par rapport à l'autre, alors que leurs racines se développent à peu près dans la même tranche de sol.

B. Relation entre la végétation halophile et les facteurs écologiques qui la caractérisent.

EXPOSE DES RESULTATS

1. *Valeur indicatrice de la végétation halophile* : Le travail que nous avons effectué en Tunisie a tenté de montrer que la salure, exprimée sous forme de sels solubles (accessoirement par la teneur en sodium échangeable) et l'hydromorphie, exprimée par les caractères morphologiques du profil, sont les principaux facteurs qui interviennent simultanément, mais à des degrés intégraux, dans la caractérisation de la végétation halophile. Nous avons réuni sous forme de tableau (voir tableau C en annexe) les résultats concernant les relations entre le sol et la végétation halophile. Il existe ainsi toute une gamme de groupes écologiques caractérisant les uns, une amplitude de conductivité étroite pour une hydromorphie déterminée, les autres, une certaine intensité d'hydromorphie dans un intervalle de conductivité large. Ainsi, on peut remarquer qu'il existe

— des groupes écologiques monospécifiques, tels *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum indicum*, qui présentent une amplitude de conductivité étroite : ainsi *Halocnemum strobilaceum* correspond à l'existence dans le profil d'un horizon de 70 à 90 millimhos pour les étages subhumide et semi-aride supérieur; cette espèce se développe dans les stations où la solution du sol a la conductivité la plus élevée. En même temps, on observe en surface un horizon hydromorphe à taches jaunes et à pseudomycélium, et, en profondeur, des taches brun foncé et grises. De telles espèces se développent indépendamment du climat et de la texture, du Nord au Sud de la Tunisie; néanmoins, pour *Arthrocnemum* et *Halocnemum*, le passage d'un certain étage bioclimatique à un autre se marque par

un décalage de leur valeur indicatrice vers des chiffres supérieurs. D'autres groupes écologiques ne sont indicateurs de salure que dans un intervalle plus restreint; le groupe écologique à *Sphenopus divaricatus* et *Spergularia marina*, par exemple, n'est indicateur de salure que pour un sol à texture fine et sous un climat subhumide ou semi-aride

— d'autres groupes monospécifiques (*Phragmites communis* var. *isiacus* f. *pungens*) ou polysécifiques (groupe écologique à *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum* par exemple) se développent dans des stations où la conductivité est assez variable (de 10 à 65-70 millimhos environ pour le groupe écologique à *Juncus subulatus*, jusqu'à 100 millimhos pour *Phragmites communis* var. *isiacus* f. *pungens*) mais l'hydromorphie présente des caractères constants (sol évoluant vers un pseudogley ou gley superficiel). De tels groupes sont surtout caractéristiques d'hydromorphie pour un milieu à conductivité variable, sont indépendants de la texture et dans une mesure moindre du climat.

— d'autres groupes, mono ou polysécifiques, sont surtout indicateurs d'encroûtement gypseux de compacité différente pour une amplitude de conductivité assez large (groupe à *Nitraria retusa*, à *Limoniastrum guyonianum*).

2. *Corrélations particulières entre la végétation et salure* : dans le cas le plus fréquent, la végétation halophile correspond

— à une certaine teneur en sels solubles (exprimée par la conductivité de l'extrait aqueux de la pâte saturée), lorsque le sol a une capacité d'échange faible (tel est le cas des sols à texture grossière, sans teneur en matière organique appréciable);

— une certaine teneur en sels solubles et un taux déterminé de sodium échangeable (en pour cent de la capacité totale d'échange) lorsque le sol a une capacité d'échange élevée (texture fine ou sol riche en matière organique notamment). La teneur en sels solubles est sensiblement la même dans les deux cas; c'est pourquoi, sur notre tableau, ne figurent que les chiffres de conductivité; le taux de sodium échangeable (en pourcent de la capacité totale d'échange) peut être obtenu à partir de l'équation de Gapon (voir page 21).

Dans certains cas, existe un groupe écologique caractéristique de sol à alcali et de texture fine, se développant pour une conductivité variable (groupe écologique à *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* et *Lepturus cylindricus*). Donc, la végétation halophile de Tunisie caractérise, dans le cas le plus fréquent, soit une teneur en sels solubles (sol salé), soit un sol à la fois riche en sels solubles et en sodium échangeable (sol salé à alcali). Cependant, dans les sols à texture fine, existe un groupe écologique caractérisant un sol à alcali (donc à teneur en sodium échangeable supérieur à 12) pour une conductivité variable (groupe écologique à *Hordeum mariti-*

mum ssp. *eu-maritimum* et *Lepturus cylindricus*) et des conditions d'hydromorphie et de bioclimat données.

3. *Corrélations particulières entre la végétation et l'hydromorphie* : l'étude de la végétation halophile a montré qu'il existe plusieurs type de corrélations avec l'hydromorphie

Végétation et hydromorphie superficielle forte. Il existe des groupements marécageux (de type garâa) caractéristiques d'hydromorphie superficielle forte (groupe écologique à *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*, groupe écologique à *Scirpus maritimus* et *Crypsis aculeata*) et caractérisant une conductivité variable (voir pages 166 et 178).

Végétation et hydromorphie de profondeur. Il existe des groupes écologiques caractéristiques d'une hydromorphie de profondeur forte (gley, par exemple : *Salicornia arabica*).

Végétation et hydromorphie latérale. Les deux types précédents d'hydromorphie correspondaient à des mouvements purement verticaux de l'eau du sol. Dans le dernier cas, il s'agit d'une hydromorphie résultant d'un mouvement oblique de nappe, comme il en existe le plus souvent en bordure de piedmont (page 215); il apparaîtrait alors des milieux hétérogènes ou la végétation est à plusieurs éléments.

4. *Texture et influence climatique dans leurs rapports avec la végétation* : à côté des groupes écologiques caractérisant, les uns, surtout l'hydromorphie, et, les autres, surtout la conductivité, nous avons pu mettre en évidence l'existence, dans la végétation halophile, des groupes écologiques caractérisant, les uns surtout une texture grossière, les autres, surtout une texture fine. A la suite de la mise en évidence de ces deux catégories, s'est posé le problème des relations entre la pseudo-texture et la végétation. Enfin, l'influence côtière et climatique vient se superposer aux caractères précédemment étudiés.

Groupes écologiques caractéristiques de texture grossière. Trois cas sont à distinguer suivant la conductivité :

— Conductivité supérieure à 50 millimhos environ : au dessus de ce chiffre, il n'existe pas de végétation halophile caractéristique de texture grossière. Seuls subsistent les groupes écologiques caractérisant surtout l'hydromorphie, ou la conductivité, ou le gypse, et qui, eux sont indépendants de la texture.

— Conductivité entre 50 et 10 millimhos environ : dans les régions continentales de la Tunisie, apparaît dans cet intervalle de conductivité, le groupe écologique à *Mesembryanthemum nodiflorum* et *Schismus barbatus* qui lui, est tout à fait indépendant du climat, voir par exemple page 84, 183). Dans les régions côtières, à ce groupe se juxtapose un groupe écologique littoral à *Limonium ferulaceum* et *Limoniasrum monopetalum* (voir page 57).

— Conductivité inférieure à 10 millimhos environ : dans ce cas, le groupe écologique à *Mesembryanthemum nodiflorum* existe encore; mais s'ajoute alors à lui le groupe écologique à *Bassia muricata* (voir par exemple page 84).

Groupes écologiques caractéristiques a la fois de texture fine et d'autres facteurs : Deux cas sont à considérer suivant qu'il s'agit de groupes écologiques caractéristiques exclusivement de texture fine ou de groupes écologiques caractéristiques à la fois de texture fine et d'un certain intervalle de conductivité.

a) groupes écologiques exclusivement caractéristiques de texture fines pour une hydromorphie faible. Lorsque la conductivité est inférieure à 15 millimhos environ, il existe, dans les étages subhumide et semi aride supérieur, un groupe écologique messicole caractérisant la texture fine, qui a été décrit par Gounot (1961). Lorsqu'il y a passage du sous-étage semi-aride supérieur aux sous-étages semi-aride moyen et inférieur, ce groupe écologique se réfugie dans des stations plus humides (loi de compensation des facteurs). Le nombre des espèces constituant ce groupe diminue à mesure que la salure augmente jusqu'à 15 millimhos.

b) groupes écologiques caractéristiques à la fois de texture fine et de conductivité pour une certaine hydromorphie. Au dessus de 15 millimhos et pour des intervalles de conductivité déterminés, existent des groupes écologiques caractéristiques à la fois de conductivité et de texture fine (par exemple groupe écologique à *Sphenopus divaricatus* et *Spergularia marina* page 165).

c) relation entre la pseudotexture et la végétation. Nous avons pu observer à Hergla (voir page 193), l'existence d'un pseudo-sable, argileux et salé, sur lequel se développait le groupe écologique caractéristique des sables moyens et salés (*Mesembryanthemum nodiflorum* et *Frankenia pulverulenta*). De la même façon, M. Sassi, sédimentologue chez M. le Professeur Rivière, a pu observer, aux environs de chott el Guettar (Tunisie du Centre), des dunes de pseudosable gypseux et non salé, constituées à l'analyse par du gypse presque pur sur lesquelles se développe une végétation psammophile (*Retama retam*, *Aristida pungens*) et une espèce caractéristique d'horizon sableux et gypseux, *Zygophyllum album*. Dans les deux cas, apparaît donc une végétation caractéristique d'une texture apparente (que l'on peut qualifier de pseudo-texture) et non de la texture réelle du sol ou seulement de la composition chimique du sol. Tout ce passe donc comme si pour la végétation halophile, le pseudosable gypseux et non salé, ou argileux et salé, offrait les mêmes conditions de développement qu'un sable non salé ou un sable fin limoneux et salé.

Influence climatique et côtière et végétation : il existe toute une série d'espèces et groupes écologiques dont la répartition (pour

des conditions de conductivité et d'hydromorphie données) est liée au climat; tel est le cas sur le tableau C des groupes écologiques monospécifiques ou polyspécifiques, à *Salsola tetrandra*, à *Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*, à *Nitraria retusa*. Cette influence s'exerce d'ailleurs de manière assez variée

— en s'opposant à l'existence (par suite de l'évaporation intense en Tunisie) des marécages en climat aride, semi-aride inférieur; ceci élimine d'une manière générale les groupes écologiques et groupements caractéristiques d'hydromorphie superficielle forte sauf dans des conditions particulières, comme les oasis.

— en favorisant l'existence d'encroûtements gypseux. L'influence climatique paraît s'exercer de la manière la plus nuancée sur les groupes écologiques liés à la texture grossière.

DISCUSSION

a) Salure et hydromorphie sont donc les principaux facteurs caractérisant la végétation halophile en Tunisie, mais si l'importance de la salure (surtout sous forme de chlorure de sodium) a été reconnue par tous, il n'en est pas de même de l'hydromorphie. En effet, ainsi que nous l'avons vu, jusqu'aux études réalisées en Afrique par M. le Professeur Aubert et son école (1954 a), on ne disposait pas de critères permettant d'apprécier ce facteur; aucune hiérarchisation n'était donc possible. Dans l'étude de la végétation halophile on mesurait le plus souvent les facteurs externes conditionnant cette hydromorphie : fréquence de la submersion pour certains marais côtiers (notamment Chapman, p. 196, 1954 a; 1959 a; Adriani p. 21, 1945), sa durée (Simonneau p. 129, 1952); dans d'autres cas (Beidemann, 1953, 1956; Simonneau, 1952; Long, pp. 275-288, 1954), on mesurait la profondeur du plan d'eau à un moment donné (il est préférable d'ailleurs de substituer à cette notion de mesure instantée du plan d'eau, celle de *régime d'oscillation du plan d'eau* comme cela a été déjà défini pour les milieux salés et irrigués par M. le Professeur V.A. Kovda (p. 326, 1946) et dont nous avons vérifié, dans quelques cas, la corrélation avec la végétation halophile). Des mesures aussi détaillées et aussi longues constituent un des buts d'un travail écologique. Mais il peut être nécessaire, lorsqu'il s'agit de prospection à l'échelle d'un pays, de réaliser en premier lieu une appréciation d'ensemble, qui, ultérieurement, recouperait les données obtenues par des études plus complètes, plus longues, mais nécessairement plus limitées.

b) relation entre la texture et la végétation halophile : les relations entre la texture et la végétation halophile ont été étudiées aux Etats-Unis pour certaines régions (voir pp. 56-58 de l'U.S.D.A. Handbook N° 68) et en Afrique du Nord pour certaines espèces halophiles (Ch. Killian 1951, 1953). Nous avons essayé de présenter le tableau le plus complet possible des relations entre la texture

et la végétation. Outre ce travail, nous pensons avoir pu expliquer certaines particularités concernant le comportement de *Mesembryanthemum nodiflorum* dans les sebkhas littorales du Sahel de Sousse, thérophyte hyperhaloïde décrit par Buroillet (p. 114, 1927), ainsi que probablement les causes de sa présence dans la sebkha de Ben Ziane en Algérie (Simonneau p. 147, 1952) : il semble que l'on doive attribuer à l'existence de pseudosable salé et argileux la croissance du groupe écologique à *Mesembryanthemum nodiflorum* et *Frankenia pulverulenta* dans les vases salées des sebkhas de Hergla et de Monastir : ce groupe se localise nettement suivant les taches de pseudosable.

c) relation entre le régime hydrique du sol et le degré de dépendance de la végétation halophile à l'égard des stations salées : nos résultats permettent de confirmer et de préciser les hypothèses de P.A. Genkel et A.A. Chaklova (1945), P.A. Genkel (1950), sur les relations existant entre le régime hydrique du sol et la végétation halophile. Ainsi, Genkel pense que la stricte dépendance de la végétation halophile à l'égard des zones salées naturelles ne peut s'expliquer que par des conditions d'alimentation hydriques plus favorables pour ces plantes dans ces milieux que dans les sols désertiques ordinaires (sieroziem, sol gris subdésertique). Or, nos travaux ont montré que *Halocnemum strobilaceum* et *Arthrocnemum indicum* d'une part, *Salicornia arabica* d'autre part, sont liés à des conditions d'hydromorphie et probablement donc de régime hydrique du sol nettement différentes : hydromorphie à taches brunes ou jaunes pour le premier groupe, hydromorphie à gley pour le second. Ces conclusions peuvent être étendues à l'ensemble de la végétation halophile de Tunisie : à chaque groupe écologique correspond un type donné de régime hydrique (voir tableau C), et par conséquent d'approvisionnement en eau différent.

C. Conditions de zonation de la végétation.

Dans le paragraphe précédent, nous avons mis en évidence les facteurs caractérisant la végétation halophile. Il s'agit maintenant de préciser par quelle interaction de ces facteurs se produit la zonation de la végétation. Ceci n'est d'ailleurs qu'une approche à ce problème. Nous distinguerons trois cas. (1) variation parallèle et dans le même sens de deux facteurs principaux : conductivité et hydromorphie diminuent tous deux, ce qui provoque la zonation (2) variation d'un seul facteur principal, l'autre restant constant : la conductivité reste constante, seule l'hydromorphie diminue et détermine la zonation. (3) « masquage » d'un facteur secondaire par un facteur principal.

1) *Variation parallèle et dans le même sens des deux facteurs principaux : conductivité et hydromorphie décroissent tous deux.*

C'est ce qui se produit le plus fréquemment (page 117). Aussi nous ne nous étendrons pas sur ce sujet.

2) *Variation d'un seul facteur, l'autre restant constant : la conductivité reste constante, seule l'hydromorphie décroît et détermine la zonation.* Des phénomènes analogues, mais localisés aux marais côtiers ont pu être observés par V.J. Chapman (p. 196, 1949) : celui-ci a signalé qu'aux niveaux les plus proches de la mer, c'est la fréquence des submersions, plutôt que la salure, qui détermine la zonation de la végétation; la submersion est en réalité un facteur externe conditionnant l'hydromorphie, et son influence pédogénétique se ramène à un type d'hydromorphie donné. D'autre part, nous avons pu observer, de tels phénomènes dans la végétation des dépressions fermées de type chott (page 108). Ozenda a constaté des phénomènes analogues pour les Hauts Plateaux de l'Algérie (1954).

Il semble donc que l'on puisse émettre l'hypothèse suivante : dans les zones halophiles où l'hydromorphie (partielle ou totale) est forte, c'est surtout la variation de l'hydromorphie pour une conductivité constante qui détermine la zonation de la végétation, quelle que soit la composition de celle-ci.

3) *Masquage d'un facteur secondaire par un facteur principal.* Dans un certain intervalle de conductivité existe un facteur principal (conductivité) et un facteur secondaire (texture ou encroûtement gypseux), indiqués tous deux par la végétation. Lorsque le taux des sels solubles est supérieur à un certain chiffre, malgré la présence du facteur secondaire, la végétation caractérisant ce facteur secondaire disparaît (page 131). Il s'agit dans ce cas d'un masquage brutal (donc disparition immédiate du groupe écologique dans sa totalité). Dans d'autres cas, le masquage est progressif, et les espèces caractéristiques disparaissent plus progressivement, lorsque la salure augmente; ceci se rencontre surtout dans les chotts gypseux et salés (notamment chott el Guettar, chott el Fedjedj, Tunisie du Sud). Une étude purement floristique de la végétation ne permet pas de rendre compte de la diversité des facteurs écologiques conditionnant sa zonation.

D. Unités naturelles, végétation et mise en valeur; esquisse d'une méthode d'analyse et de classification de la végétation halophile,

Nous distinguons successivement

1. Comparaison de la végétation des différentes unités naturelles (ou unités stationnelles)

2. Appréciation des problèmes de mise en valeur des zones halophiles d'un pays donné par des études combinées de sol, végétation et unités naturelles.

3. Unités naturelles et mise en valeur.

4. Esquisse d'une méthode d'analyse et de classification écologique de la végétation halophile à l'aide des unités naturelles.

1. Comparaison de la végétation des différentes unités naturelles (ou unités stationnelles).

a) Nous avons essayé de préciser quelles pouvaient être les relations entre les unités naturelles ayant servi de cadre à notre étude et les caractères de la végétation halophile. Le tableau D montre certaines relations entre la végétation et les unités naturelles. Dans une première catégorie, il existe une liaison stricte entre le groupe écologique ou l'espèce indicatrice et l'unité naturelle (ou une de ses subdivisions). Ainsi les groupes écologiques à *Suaeda fruticosa* var. *brevivolia*, à *Festuca elatior* var. *arundinacea* se développent en général dans le même type de plaine mais dans l'étage semi-aride supérieur ou subhumide (voir tableau D). Ce type de liaison est le moins fréquent. Dans une seconde catégorie, la relation se fait non entre groupe écologiques et unité naturelle, mais entre plusieurs groupes écologiques associés en groupement et l'unité naturelle. Ainsi la combinaison des groupes écologiques à *Salsola tetrandra* et *Suaeda fruticosa* var. *longifolia*, *Mantisalca Duriaei* var. *tenella*, et *Hordeum maritimum* ssp. *eu-maritimum* caractérise les plaines inondables bien drainées salées à alcali, à texture fine, de l'étage aride.

b) Caractères particuliers de la végétation de certaines unités naturelles. Dans les dépressions fermées marécageuses (de type garâa), nous avons pu observer une grande diversité des groupements résultant de la combinaison des groupes écologiques hydromorphes, ce qui ne se retrouve pas dans les autres unités naturelles. En outre, les caractères d'homogénéité, et avec eux la zonation de la végétation sont très différents suivant les unités naturelles envisagées :

— la végétation et les milieux sont fréquemment hétérogènes dans les plaines inondables;

— dans les autres unités naturelles, la végétation se répartit en zones assez régulières et écologiquement homogènes.

2. Appréciation des problèmes de mise en valeur d'un pays donné par des études combinées de sol, végétation et unités naturelles.

a) l'étude des relations entre le sol, la végétation et les unités naturelles permet de définir à l'échelon d'un pays et avant toute cartographie, l'importance des problèmes posés. Ainsi, on peut dire que dans toutes la Tunisie, ce sont les plaines inondables mal drainées et salées, de même que les dépressions fermées et salées de type sebkha ou chott qui dominant. Mais, dans la Tunisie du Nord (Garaet el Mabtouha, Garâa d'Utique), il existe des surfaces assez vastes occupées par des dépressions fermées faiblement salées à alcalis, susceptibles d'être améliorées par introduction de Grami-

nées fourragères telles *Agropyrum elongatum*, *Festuca elatior* var. *arundinacea*, avec irrigation d'appoint en hiver et culture en prairie de fauche. Dans la Tunisie du Centre (plaine d'el Alem et de l'oued Boghal) il existe des vastes surfaces (plaines inondables bien drainées et peu salées) susceptibles d'être améliorées par introduction d'*Atriplex Halimus*. C'est dans la plaine voisine de Kairouan également inondable, peu salée et bien drainée, recevant des crues qui ne sont pas toujours annuelles, que se pose le problème de savoir s'il n'est pas plus intéressant de pratiquer des cultures fourragères à base d'*Atriplex*, plus résistantes à la sécheresse que les céréales qui, elles, produisent des bonnes récoltes environ une année sur cinq.

b) dans les périmètres d'extension des oasis, lorsque le sol est à texture grossière et la surface a une pente appréciable, les risques d'asphyxie sont à craindre dans les zones basses (lorsque le réseau d'assainissement fonctionne mal).

3. Unités naturelles et problèmes d'assèchement ou drainage.

a) l'étude de la végétation confirme donc l'existence de ces unités naturelles; or, on sait qu'à chacune d'elle correspond des types d'assèchement ou de drainage différents. Ainsi, l'assèchement des plaines inondables exige le creusement d'un lit artificiel, pour éviter les divagations de l'oued dans la plaine inondable, et la régularisation de son débit par aménagement général du bassin versant (cas de Garaet Ben Ammar, région de Tunis voir page 57). Par contre l'assèchement des dépressions fermées réclame l'établissement d'un canal de protection entourant le périmètre, pour évacuer les eaux de ruissellement avant qu'elles n'atteignent la dépression; ce travail doit être parfois complété par la déviation ou le creusement de lits artificiels d'oueds pour que ceux-ci ne s'étalent plus en arrivant dans la dépression (cas de Garaet et Mabtouha voir page 146). Enfin, la mise en valeur des marais côtiers réclame la construction de digues pour éviter les submersions marines.

b) à l'intérieur de ces unités, la végétation permet de distinguer des subdivisions :

Ainsi, à l'apparition des groupes écologiques monospécifiques (ou de groupements) où dominant *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum indicum*, *Salicornia arabica* correspond la présence d'une nappe salée (au sens large) proche de la surface, ceci aussi bien dans les plaines inondables que dans les dépressions fermées. Il convient alors d'ajouter aux réseaux de protection précédemment cités, un réseau d'assainissement à l'intérieur du périmètre.

L'apparition des groupements de type Garâa (*Juncus subulatus* et *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*) indique l'existence d'un marécage; un canal de ceinture peut être suffisant (à condition

qu'il y ait évidemment un exutoire pour les eaux évacuées); dans ces zones apparaît un problème supplémentaire, celui du tassement du sol par les Bovins, créant un horizon très compact en surface (d'où nécessité d'une amélioration mécanique préalable).

4. *Esquisse d'une méthode d'analyse et de classification de la végétation halophile.* La possibilité d'utiliser simultanément les données géomorphologiques, pédologiques, hydrologiques, bioclimatiques constitue une méthode d'analyse très détaillée de la végétation halophile. En outre, nous disposons d'un cadre général commode permettant de classer intégralement la végétation halophile à l'échelon d'un pays ou d'un étage bioclimatique donné.

II. — CONCLUSIONS PRATIQUES : POSSIBILITE D'UTILISATION AGRONOMIQUE DES RESULTATS PHYTOSOCIOLOGIQUES

La cartographie, basée sur les résultats phytosociologiques nous permet de résoudre les problèmes suivants :

- A. Evolution des périmètres irrigués.
- B. Possibilité de plantation d'arbres dans les milieux salés.
- C. Mise en valeur fourragère des milieux salés.
- D. Calcul des quantités d'amendements à appliquer.

A. Evolution des périmètres irrigués.

Il est possible d'étudier l'évolution des périmètres irrigués (comme cela a été fait pour les oasis des Nefzaouas, voir page 265) à l'aide des données acquises par une étude écologique. Nous savons que, lorsque par suite d'une insuffisance des sections dimensionnelles du canal, il se produit comme cela a été démontré notamment par le Prof. V.A. Kovda (p. 285, 1946) pour le Turkestan russe, et par Dessus et Gelpe (1953), pour le Sud Tunisien, une remontée du plan d'eau avec engorgement temporaire total, on observe le long du réseau d'assainissement ou à l'intérieur du périmètre (suivant l'intensité du phénomène) des taches d'hydromorphie et de salure caractérisées par un groupement particulier (voir page 265). *On dispose donc là d'un moyen pour vérifier si le réseau d'assainissement fonctionne correctement, et s'il ne s'est pas produit de remontées de nappe ou des taches d'hydromorphie et de salure.*

En outre, l'observation de ces taches fait ressortir les différences variétales existant quant à la résistance à l'asphyxie pour une cer-

taine conductivité : ainsi la variété de palmier-dattier Allig résiste mieux à ce facteur que la variété Deglat-ennour. La conséquence pratique qui en résulte est qu'il faut planter dans les zones d'extension possible de l'hydromorphie (visibles par la végétation), des variétés résistantes à l'asphyxie, type Allig.

B. Possibilité de plantation d'arbres dans les milieux salés.

La plantation d'arbres en milieu salé sans nappe proche de la surface a déjà été signalée par Chakhov (p. 446 et suiv., 1946). Le problème se pose en Tunisie de façon assez différente. Il s'agit, le plus souvent, de sebkhas (sebkha Sedjcumi), ou des zones situées en bordure de lacs salés (lac de Tunis), donc à nappe proche de la surface, créant des conditions d'hydromorphie forte. La rentabilité dans ce cas passe au second plan, le but recherché étant surtout la plantation d'essences ornementales. De tels milieux salés sont toujours hydromorphes; l'étude effectuée par Melle Lagueche (1960) sur le comportement des essences forestières en milieu salé, celle de M. Hamza (1961) sur l'olivier ont montré, à côté des phénomènes de toxicité causés par la salure proprement dite, qu'il existe des cas assez fréquents où salure et hydromorphie agissent simultanément pour inhiber le développement des arbres; dans les cas étudiés, c'est l'hydromorphie pour un certain taux de sels solubles qui paraît être le facteur limitant la croissance des arbres. L'hydromorphie joue un rôle très important pour limiter l'extension du système racinaire, et ceci vraisemblablement par une augmentation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère du sol (Matskevitch, 1957). Ainsi, on a pu observer à Saint-Germain (banlieue de Tunis) des pieds d'*Eucalyptus camaldulensis* âgés de 30 ans, et de 12 m de haut) dont le système racinaire s'étend sur 50 cms de profondeur. Au dessous, apparaissent en effet des horizons hydromorphes, alors qu'au dessus le sol est peu salé et non hydromorphe. Ainsi, une certaine épaisseur de sol sain (au dessus d'horizon hydromorphes) est nécessaire au développement du système racinaire. On peut fixer (notamment d'après les observations citées plus haut) cette tranche de sol à 50 cm environ. Lorsque le milieu est trop hydromorphe, ou bien la tranche de sol sain est insuffisante, on apporte la terre sous forme de remblai; M. Schoenenberger a planté 4 essences différentes d'*Eucalyptus* sur des remblais expérimentaux et depuis 2 ans certaines de ces essences se développent convenablement.

C. Problèmes généraux de mise en valeur fourragère des milieux salés.

Nous cherchons ici, moins à résoudre certains problèmes (ce qui exige une longue expérimentation) qu'à définir certains principes ou orientations de recherche. Avant toute chose, ils nous

faut signaler que la totalité des espèces vivaces que l'on peut qualifier de fourragères (des genres *Atriplex*, *Atropis*, *Halimione*, *Festuca*) et qui se développent en Tunisie dans les milieux salés reçoivent un appoint d'eau de crue au début de leur période de développement. Il faut donc, avant de les cultiver, déterminer avec précision la période où l'eau leur est la plus nécessaire, et leur en fournir, lorsqu'il n'y en a pas en quantités suffisantes.

1. — *Problèmes posés par la mise en valeur fourragère des zones salées cultivées actuellement de manière sporadique.* On peut distinguer deux catégories de zones cultivées sporadiquement. (a), cas d'une plaine inondable recevant un épandage bien réparti; il n'y a donc pas dans cette plaine de zone différant par l'intensité et la fréquence des crues (b), cas d'une plaine inondable où l'épandage des crues s'effectue de manière hétérogène, et la fréquence de celles-ci diffère suivant les zones de passage.

(a) Le premier cas est celui de la plaine de Kairouan (Tunisie du Centre) située dans l'étage aride d'Emberger. Il s'agit comme nous l'avons vu page 48, d'une plaine inondable bien drainée, à épandage des crues dirigé par des levées de terre; ces crues se répartissent de manière assez homogène par secteurs. La fréquence des crues est telle qu'elle ne peut assurer de récolte rentable qu'une année sur deux ou quatre; ils nous paraît donc préférable de baser l'économie rurale de cette zone sur la production fourragère plutôt que sur la céréaliculture. En effet, une telle zone est naturellement favorable à la réintroduction d'*Atriplex Halimus*, espèce vivace moins exigeante en eau que l'orge, qui est la céréale cultivée dans cette région. L'*Atriplex Halimus* fait partie du cortège floristique des espèces spontanées se développant dans cette plaine; le défrichement seul a limité son extension.

(b) Dans les plaines inondables bien drainées à fréquence des crues inégales (type plaine de l'oued Nebaâna, voir page 36) seules les zones recevant le maximum de crues sont cultivées en céréales. Par conséquent les zones des crues à fréquence plus faible doivent être réservées à l'introduction d'espèces fourragères.

2. — *Problèmes posés par la mise en valeur des zones de parcours occupées par la végétation halophile.*

a) cas de la végétation halophile de l'étage aride supérieur. Nous avons pu mettre en évidence au cours de notre étude de la végétation halophile, que les plaines inondables bien drainées et peu salées étaient celles qui étaient les plus intéressantes au point de vue parcours : tel est le cas du groupement à *Salsola tetrandra* (voir page 36), du groupement à *Beta macrocarpa* et *Medicago hispida* var. *lappacea*. (voir page 42), le premier groupement est aussi intéressant en année de sécheresse moyenne qu'en année humide : dans

ce cas, outre le groupe écologique des vivaces, se développe une végétation à thérophytes. Le second groupement, situé également dans la région de Kairouan est constitué de thérophytes mais il est susceptible d'amélioration.

b) Dans l'étage de végétation subhumide, ce sont surtout les dépressions fermées du type *merja* où se développe le groupement à *Oenanthé globulosa* et *Phragmites communis* var. *isiacus* qui sont intéressantes du point de vue fourrager; il est toutefois nécessaire de pratiquer un assainissement *partiel* et les espèces fourragères spontanées qui sont dans ce cas très abondantes, se développeront en s'alimentant aux dépens de la nappe lorsqu'elle est douce.

3. — Zones halophiles actuellement improductives.

a) Zones de l'étage saharien : il existe toujours, à la périphérie des oasis, des zones halophiles cultivées temporairement en orge; il est possible d'y introduire des cultures fourragères tolérantes au sel et irriguées avec les eaux de drainage.

b) Zones de l'étage aride : dans l'étage aride existe des vastes zones dont la conductivité se situe à la limite de tolérance au sel de certaines espèces fourragères. A condition de pouvoir disposer d'eau de crue à la période nécessaire, on peut y introduire certaines variétés d'Atriplex, ou certaines graminées (type saltgrass); ceci demande évidemment la création de parcelles expérimentales.

c) Zones de l'étage subhumide : dans certaines dépressions fermées (garaet el Mabtouha notamment) existent des surfaces de plus de 800 hectares couvertes par le groupement à *Juncus subulatus* et *Trifolium strictum* où la conductivité de la solution du sol ne dépasse pas 9 millimhos; ce chiffre est inférieur à la limite de tolérance de l'orge; cette zone peut être consacrée à la céréaliculture ou aux cultures fourragères (type prairie de fauche); par suite de l'existence de taux de sodium échangeables importants, la culture mécanisée y est à proscrire. L'introduction d'espèces fourragères est possible dans ces zones à condition de pouvoir pratiquer une irrigation d'appoint.

D. Calcul des quantités d'amendements à appliquer.

L'étude de la végétation halophile permet de déterminer la quantité d'amendement à apporter. En effet, à chaque groupement correspond un chiffre (calculé ou obtenu par analyse) de sodium échangeable. Ce taux de sodium a été déjà déterminé par un certain nombre d'auteurs et notamment Adriani (1945), Barucha dans les mangroves, Killian (1953) dans la végétation des chotts, mais on n'avait pas encore songé à le lier à une appréciation de la quantité des amendements. Le rapport Na/T est exprimé en pour cent de la capacité totale d'échange; ce rapport peut être converti en miliequivalents.

Ainsi, le taux de sodium échangeable est de 20% pour le groupement à *Hordeum maritimum* ssp. *eumaritimum* et *Scorzonera laciniata* (voir page 159). Si on cherche à abaisser ce rapport à l'aide d'amendements gypseux jusqu'à 10 %, étant donné que 1 millequivalent de sodium échangeable correspond sensiblement à 10 %, l'examen de la table des équivalences en tonnage d'amendements du livre de Riverside (p. 49, 1954) nous montre qu'il faut appliquer 6,8 par hectare pour les 30 premiers centimètres environ pour rendre le sol non à alcali. Ainsi à chaque groupement correspond un tonnage d'amendements que l'on peut calculer.

E. Contributions à l'étude pédologique des sols salés de Tunisie.

Nous avons pu apporter les contributions suivantes à l'étude pédologique des sols salés de Tunisie :

A. Etablissement d'une classification provisoire des sols salés de Tunisie.

B. Mise en évidence du parallélisme entre certains sols à alcalis salés et les sols hydromorphes.

C. Compaction des horizons superficiels.

A. Etablissement d'une classification provisoire des sols salés de Tunisie.

Nous avons pu, en nous basant sur les données pédologiques de ce travail, établir une classification provisoire des sols salés de Tunisie. Nous avons ainsi distingué, à côté d'une sous-classe des sols halomorphes proprement dits, une sous-classe des sols halomorphes de transition, constituée par des sols hydromorphes, steppiques, calcimorphes, salés.

B. Mise en évidence du parallélisme entre les sols à alcalis salés et les sols hydromorphes.

Comme cela a été déjà signalé par Dubois (1954) pour le Sénégal et les sols à hydromorphie topographique, il existe un parallélisme étroit entre les sols salés et les sols hydromorphes. Nous avons pu mettre en évidence l'existence de sols salés à hydromorphie topographique, à mouvement oblique de nappe.

C. Cimentation et tassement de l'horizon superficiel.

Dans les zones salées soumises à une certaine submersion, il se produit, par suite d'un tassement et d'une cimentation due aux sabots des Bovidés, un horizon superficiel à gros blocs prismatiques

très compacts alors qu'au dessous, des horizons de même texture sont friables. Tel est le cas des marécages de l'Ichkeul, de garaet el Mabtouha, et de la garâa d'Utique (voir pages 178 et 140). On peut affirmer que cette comparaison du sol va poser des problèmes mécaniques au moment de la mise en valeur; d'autre part, si ces zones vont être aménagées en pâturage, il va être nécessaire de constituer des prairies de fauche et non de parcours. Une telle structure en blocs compacts a déjà été signalée par le Professeur V.A. Kovda (1960) et aux Etats-Unis (USDA Handbook N° 64, 1954, p. 23).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



- ACADEMIE DES SCIENCES D'U.R.S.S., (1951). — L'académicien B. A. KELLER, oeuvres choisies, Edition Académie des Sciences d'U.R.S.S., 495 p., Moscou, U.R.S.S. (en russe).
- ADRIANI M. J., (1945). — Sur la Phytosociologie, la Synécologie et le bilan d'eau des halophytes de la région néerlandaise méridionale, ainsi que de la Méditerranée française, Bij. J. B. WOLTERS' uitgevers maatschappij Groningen — Batavia, thèse de doctorat ès-sciences, 217 p., Pays-Bas.
- ADRIANI M. J., (1956). — Der Wasseraushalt der halophyten, Sonderabdruck aus der Handbuch der Pflanzenphysiologie, Band III, pp. 902-914, — Springer — Verlag, Berlin. Göttingen. Heidelberg, Allemagne Fédérale.
- AELLEN P., (1939). — Die Atriplex Arten des Orients, Abdruck aus botanische Jahrbücher, Band 70, Heft 1, Basel, Suisse.
- AUBERT G., (1950). — Note sur la description et la classification des éléments minéraux, Analyse des lettres, brochures, articles, à l'intention des pédologues travaillant dans les territoires tropicaux de l'Union française, T. IX, f. 1, IDERT, ORSTOM, Bondy, France.
- AUBERT G., (1954). — La classification des sols utilisés dans les territoires tropicaux de l'Union Française, Deuxième Conférence Inter-Africaine des sols, Léopoldville, T. II, pp. 705-708, France.
- AUBERT G., (1959). — Tendances actuelles de la recherche en science du sol en Afrique au Sud du Sahara, Bulletin de l'Association Française de l'Étude du Sol (dans Analyse des lettres, brochures articles à l'intention des pédologues travaillant dans les territoires tropicaux de l'Union Française). T. IX, 3, pp. 1-5, France.
- AUBERT G., (1960). — Pédologie de la Zone Aride; étude de la formation des sols, de leurs caractéristiques, de leur utilisation et de leur conservation, Colloque général U.N.E.S.C.O. sur la zone aride, Mai 1960, Paris (Ronéo), France.
- BAULIG H., (1956). — Vocabulaire franco-anglo-allemand de géomorphologie, Société d'édition Les Belles Lettres, Paris, 230 p., France.
- BEEFTINK W. G., (1957). — De buitendijkse terreinen van de westerschelde en de zeescheld, natuurwetenschappelijke betekenis bedreiging door het deltaplân en behoud voor de toekomst, overdruk uit het tijdschrift « Natuur en landschap » n° 2, 11^e jaargang, pp. 1-17, Pays-Bas.
- BEIDEMANN V. J., (1953). — Des fondements écologiques de la variation de la couverture végétale dans le cas d'une dépression du Caucase occidental, Journal Botanique, n° 4, (en russe), U.R.S.S.
- BERGER-LANDEFELDT U., (1957). — Beiträge zur Ökologie der Pflanzen nordafrikanischer Salzpfannen, Vegetatio, volume VII, n° 3, pp. 169-207, Allemagne Fédérale.
- BERGER-LANDEFELDT U., (1959). — Beiträge zur Ökologie der Pflanzen nordafrikanischer Salzpfannen, Vegetatio, Vol. IX, f. 1-2, pp. 1-47, Allemagne Fédérale.

- BOULAIN J., (1953), a. — Trois notes pédologiques. I. Remarques sur l'érosion actuelle des sols. II L'érosion éolienne des sols salés et la morphologie superficielle des chotts et des sebkhas, III. Remarques sur l'étude des croûtes et la cartographie des sols en Algérie, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, T. 44 n^{os} 7-8, Juillet-Décembre, pp. 234-240, Alger.
- BOULAIN J., (1953), b. — Les lunettes des basses plaines oranaises, formations éoliennes liées à l'extension des sols salins, la sebkha de Ben Ziane, la dépression du Chantrit, communication au IV^e Congrès de l'I.N.Q.U.A. Rome, Pise, Septembre 1953. Italie.
- BOULAIN J., (1954). — La sebkha ben Ben Ziane et sa « lunette » ou bourrelet exemple de complexe morphologique formé par la dégradation éolienne des sols salés, Revue de Géomorphologie Dynamique n^o 3, pp. 102-123, France.
- BOULAIN J., (1957). — Etude des sols des plaines du Chelif, Service des Etudes scientifiques, Travaux des sections d'Agrologie et de Pédologie, Etude régionale n^o 7, Alger, 582 p., Algérie.
- BOURALY J., (1958). — Note sur le transport par le vent des agrégats limono-argileux des sols salés à alcalis de Heriet el Batene (Kairouan Ouest), Etude définitive n^o 131, Publication de la section spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 3 p., Tunisie.
- BOYKO H., (1947). — On the role of plants as quantitative climate indicators and the geo-ecological law of distribution, Journal of Ecology, vol. 35, pp. 138-158.
- BRAUN-BLANQUET J., (1949). — Premier aperçu phytosociologique du Sahara tunisien. Mémoire hors série de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, tome II, Algérie.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N., NEGRE R., (1952). — Les groupements végétaux de la France méditerranéenne, Centre National de la Recherche Scientifique (Service de la Carte des Groupements végétaux et Direction de la Carte des Groupements Végétaux de l'Afrique du Nord), 289 p., France.
- BUREAU P., ROEDERER P., (1961). — Contribution à l'étude des sols gypseux du Sud tunisien : croûtes et encroûtements gypseux de la partie Sud du golfe de Gabès, Bulletin de l'A.F.E.S., Août (n^o spécial), pp. 150-176, France.
- BUROLLET P. A., (1925). — Considérations dynamogénétiques sur le « Salicornietum » de quelques sebkhas tunisiennes, Congrès de l'A.F.A.S. Grenoble, p. 352, France.
- BUROLLET P. A., (1927). — Le Sahel de Sousse. Monographie phytogéographique, Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie, pp. 1-270.
- CHAKHOV A. A., (1956). — Tolérance des plantes à la salure, Institut de Physiologie Végétale Timiriazeff, Académie des Sciences d'U.R.S.S., 551 p., Moscou, U.R.S.S. (en russe).
- CHAPMAN V. J., (1954) a. — The influence of salts upon the terrestrial halophytes, Huitième Congrès International de Botanique, Paris, section 7-8, pp. 194-200, France.

- CHAPMAN V. J., (1954), b. — The halophyte vegetation of the world, Huitième Congrès International de Botanique, Paris, section 7-8, pp. 24-30, France.
- CHAPMAN V. J., (1959), a. — Studies in salt marsh ecology IX. Changes in salt marsh vegetation at Scot Healt Island. *Journal of Ecology*, 47, pp. 619-639, October, Blackwell Scientific Publications, Oxford, Angleterre.
- CHAPMAN V. J., (1959), b. — Salt marshes and ecological terminology, *vegetatio*, Acta geobotanica, Volume VIII, fascicule 4, pp. 215-234, Den Haag, Pays-Bas.
- CHAPMAN V. J., (1960). — Salt marshes and salt deserts of the world, Leonard Hill (Books) Limited, London, Interscience Publishers Inc., New-York, 382 p., U.S.A.
- DESAUNETTES J. R. et REVIL L., (1955). — Méthodes analytiques du laboratoire de Pédologie, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, Imprimerie Bonici, 76 p., Tunisie.
- DESPOIS J., (1955). — La Tunisie occidentale, Sahel et Basse Steppe, Publications de l'Institut des Hautes Etudes de Tunis, Section des Lettres, Volume I, Presses Universitaires, 554 p., Paris, France.
- DESSUS P. et GELPE J., (1953). — Comportements des nappes phréatiques en présence d'un réseau d'irrigation et de drainage — Exemples tirés de l'étude de différents périmètres du Sud tunisien. Rapport provisoire 520/E, Section Spéciale des Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, Direction des Travaux Publics, Régence de Tunis, 5 p.
- DESSUS P., (1947). — Etude préliminaire concernant diverses oasis des Nefzaouas, Rapport défini : n° 72, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, Tunisie, 20 p.
- DIMANCHE J., (1963). — Etude pédologique de l'oasis de Nefta, Etude définitive n° 230, Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, Tunisie.
- DOWSON V. H. W., PANSIOT F. P., (1959). — Background Paper on Date Production, First International technical meeting on date production and processing, Tripoli, 5-10 Décembre, F.A.O., 59-11, 9.384, Rome, Italie, Ronéo.
- DUBOIS G., (1954). — Sur une classification des sols de deltas soumis à des influences salines appliquée au Bas-Sénégal, Deuxième Conférence Inter-africaine des sols, Léopolville, Vol. II, pp. 1.119-1.124, Sénégal.
- DURAND J. H., (1958). — Les Sols Irrigables (Etude pédologique), Imprimerie Imbert, Alger, 190 p. Algérie.
- DUVIGNEAUD P., (1946). — La variabilité des associations végétale, Bulletin de la Société Botanique de Belgique, 78, pp. 107-134, Belgique.
- ELLENBERG H., (1952). — Auswirkungen der Grundwassersenkung auf die Wiesen-gesellschaften am Seitenkanal westlich Braunschweig, Angewandte Pflanzensoziologie, herausgegeben von Prof. Dr. R. TUXEN, Arbeiten aus der Zentralstelle für Vegetations kartierung, 6, 47 p., Stolzenau am Weser, Allemagne Fédérale.
- EMBERGER L., (1930). — La végétation de la région méditerranéenne : Essai d'une classification des groupements végétaux, *Revue Générale de Botanique*, XLII, pp. 641-662 et 705-722, France.

- EMBERGER L., (1942). — Un projet de classification des climats au point de vue phytogéographique, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, Tome LXXVII, pp. 97-124, France.
- EMBERGER L., (1951). — Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides, Stockholm, Juillet 1950, Union Internationale des Sciences Biologiques, Série B (Colloques), N° 9, Secrétariat général de l'U.I.S.B., 57, rue Cuvier, pp. 50-61, France.
- EMBERGER L., (1955). — Une classification biogéographique des climats, *Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de Montpellier*, série Botanique, pp. 3-44, France.
- EMBERGER L., BAUDIERE A., (1959). — Sur la notion de climat de transition, en particulier dans le domaine du climat méditerranéen, *Bulletin du Service de la Carte Phytogéographique*, série B, IV, pp. 95-119, Centre National de la Recherche Scientifique, France.
- FAGNONI J. (Mlle), (1954). — Recherches sur les *Frankenia*, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, Tome 45, n° 5-6, Mai-Juin, pp. 229-253, Algérie.
- FIRBAS F., (1931). — Über die Ausbildung des Leitungssystems und das Verhalten der Spaltöffnungen im Frühjahr bei Pflanzen des Mediterraneengebietes und der tunesischen Steppen und Wüsten, *Beir. z. Bot. Zentralblatt*, 48, I, pp. 451-465, Allemagne Fédérale.
- GAUTIER M., (1951). — Les chotts, machines évaporatoires complexes, *Colloques Internationaux du C.N.R.S.*, T. XXXV, Actions éoliennes, Phénomènes d'évaporation et hydrologie superficielle dans les régions arides, Alger, 27-31 Mars, pp. 317-325, Algérie.
- GENKEL P. A. et CHAKHOVA A. A., (1945). — Signification écologique du régime hydrique de quelques halophytes. *Journal Botanique*, T. 30, n° 4, (en russe), Moscou, U.R.S.S.
- GENKEL P. A., (1950). — Physiologie de l'adaptation des plantes à la salure, *Problèmes de Botanique*, fasc. 1, Ed. Académie des Sciences, Moscou (en russe).
- GENKEL P. A. et ANTIPOV N. I., (1960). — Régime hydrique des euhalophytes dans des conditions naturelles, *Physiologie végétale* T. III, f. 4. (en russe).
- GEZE B., (1959). — La notion d'âge du sol; son application à quelques exemples régionaux, *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique*, Série A, *Annales Agronomiques*, T. III, pp. 237-249, France.
- GOUNOT M., (1956). — A propos de l'homogénéité et du choix des surfaces de relevé, *Bulletin du Service de la Carte Phytogéographique*, série B, Tome I, fascicule 1, pp. 7-17, Centre National de la Recherche Scientifique, France.
- GOUNOT M., (1960). — Méthodes d'étude et d'inventaire de la végétation pastorale et prairiale, Rapport présenté au Colloque sur l'étude des prairies organisé par la Société Botanique de France, (Ronéo), Paris, 97 p., France.
- GRILLOT (et collaborateurs) (1957). — Etudes effectuées sur la végétation et le sol des merjas côtières du Rharb, *Cahiers de la Recherche Agronomique*, Ministère de l'Agriculture, n° 8, 142 p., Maroc.

- GUINOCHET M., (1951). — Contribution à l'étude phytosociologique du Sud tunisien, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 42, Décembre, pp. 131-153, Algérie.
- GUNN R. H., (1960). — Tolérance of plants to minerals in solution in irrigation water and in soil, Fourth Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, Question 13, Report 4., Madrid, Espagne.
- HAMZA M., (1961). — Contribution à l'étude de la tolérance de l'olivier à la salure et à l'asphyxie, ES 35, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 20 p., Tunisie.
- HERNOT A., et FINIELZ F., (1952). — Etude pédologique et hydrologique de la Basse Vallée de la Medjerdah, Documents hydrologiques et relevés pluviométriques, Rapport provisoire 417/E, 96 p., 5 fascicules, Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, groupe H.A.R., Ministère de l'Agriculture, Tunisie.
- ILJIN W. S., (1922). — Physiologischer Pflanzenschutz gegen schädliche Wirkung von Salzen, Biochem. Zeitsch., 132, pp. 526-540.
- ILJIN W. S., (1923). — Über verschiedene Salzbeständigkeit der Pflanzen Sitzungsber, Böhm, Ges. Wiss. Kl II.
- ILJIN W. S., (1932). — Anpassung der Halophyten an konzentrierte Salzlösungen, Planta, 16, 352-366.
- INSTITUT DOKOUTCHAEV, (1959). — Manuel de prospection pédologique, Edition Académie des Sciences d'U.R.S.S., Moscou (en russe), 346 p.
- IONESCO T., (1956). — Considérations sur la méthode floristico-écologique appliquée à l'étude des milieux dans les Doukkalas, Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, 36, 1-12.
- KILLIAN CH. et LEMEE G., (1948). — Etude sociologique, morphologique, et écologique de quelques halophytes sahariens, Revue Générale de Botanique, Tome 5, Paris, France.
- KILLIAN CH., (1953). — La végétation autour du chott Hodna, indicatrice des possibilités culturales et son milieu édaphique, Gouvernement Général de l'Algérie, Publication de l'Inspection Générale de l'Agriculture, n° 5, Algérie.
- KNOERR A., (1956). — Note sur la détermination des Salicornes vivaces françaises, Bulletin de la Société Linéenne de Provence, Tome XXI, pp. 13-15, Marseille, France.
- KOLLER D., TADMOR N. H., HILLEL D., (1957). — Experiments in the propagation of Atriplex Halimus L. for desert pasture and soil conservation, KTAVIM, Records of the agricultural research station, Ministry of Agriculture, Rehovot, pp. 83-107, State of Israël.
- KOVDA V. A., (1946). — Origine et Régime des sols salés, Institut Dokoutchaïev, Académie des Sciences d'U.R.S.S., Editions Académie des Sciences d'U.R.S.S., Tome I, 568 p. (en russe), Moscou, U.R.S.S.
- KOVDA V. A., (1954). — Géochimie des déserts d'U.R.S.S., Communication au V^e Congrès International de la Science du Sol, 151 p. U.R.S.S.
- KOVDA V. A., (1960). — Quality of water, fertility of irrigated soils and salt tolerance of crops, Fourth International Congress on Irrigation and Drainage, (Ronéo) WS/0560-19 U.N.E.S.C.O., 23 p., Madrid, Espagne.

- LARGUECHE H., (1960). — Comportement du système racinaire de quelques essences forestières dans les sols salés, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, ES 32, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 33 p., Tunisie.
- LAVRENKO E. M. et KORTCHAGUINA A. A. (sous la rédaction commune) (1959). — Géobotanique de terrain, Edition Académie des Sciences d'U.R.S.S., Institut de Botanique, V. L. Komarov, Moscou, Léninegrad, 444 p. (en russe), U.R.S.S.
- LE FLOCH' J., (1961). — Etude sur la plaine d'Ebba-Ksour (Zouarine), Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 30 p, Tunisie.
- LE HOUEROU H. N., (1959). — Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale (Thèse), Faculté des Sciences de Montpellier, (Ronéo), 570 p. France.
- LEMEE G., (1954). — Pédologie et Phytosociologie, Huitième Congrès International de Botanique, Paris, Rapports et Communications des sections 7 et 8, pp. 33-38, France.
- LONG G., (1954). — Contribution à l'étude de la Tunisie centrale, Annales du Service Botanique et Agronomique, volume 27, 388 p., France.
- MATSKEVITCH V. B., (1957). — Régime de la teneur en CO₂ de l'atmosphère du sol des phytocénoses steppiques, et désertiques, Problèmes de Physiologie Agronomique, Léninegrad, (en russe), pp. 264-276, U.R.S.S.
- MONNIER P., (1953). — Sur quelques *Spergularia* du Maroc appartenant au groupe *Spergula marginata* (DC.) Mürbeck (Extrait du Recueil des Travaux du Laboratoire de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier) série Botanique, fascicule 6, p. 77-87, France.
- MONNIER P. et SIMON E., (1958). — Une espèce française méconnue : *Spergularia Heldreichii* (FOUCAUD) SIMON ET MONNIER, Extrait du Bulletin de la Société Botanique de France, 105, nos 5-6, pp. 256-264, Paris, France.
- MONTASIR A. H., (1937). — Ecology of lake Manzala, Bulletin of the Faculty of Science, Egyptian University, Cairo 12.
- NEGRE R., (1954). — La végétation du Sedd El Meïoun (Maroc), Huitième Congrès International de Botanique, Section 7, pp. 214-217, France.
- NEGRE R., (1960). — Les associations végétales du lac Zima, Bull. Soc. Sci. Nat. et Phys. du Maroc, T. 40, 1^{er} trimestre, pp. 1-16, Rabat.
- NEGRE R., (1956). — Sur la notion de caractéristique et d'ensemble écologique en phytosociologie, *Naturalia Monspelienisia*, série Bot. f. 8, 157-166.
- NOVIKOFF V. A., (1932). — Les eaux salées et les plantes cultivées, Soc. Hort. de Tunisie, pp. 73-76, et 97-101, Tunisie.
- NOVIKOFF V. A., (1935). — Note sur l'irrigation avec les eaux salées, Almanach agricole tunisien, pp. 327-330, Tunisie.
- NOVIKOFF V. A., (1936). — Sur l'utilisation des eaux salées, Almanach agricole tunisien, pp. 376-378, Tunisie.
- NOVIKOFF V. A., (1946). — Notes sur l'utilisation des eaux salées, Annales Service Botanique et Agronomique de Tunisie, vol. 19, pp. 139-162, Tunisie.

- NOVIKOFF G., (1958). — Relation entre la structure de la végétation et la stratification des milieux halophiles en Tunisie, Bulletin du Service de la Carte phytogéographique, série B, Tome III, fascicule 1, pp. 69-83, France.
- NOVIKOFF G., (1959). — Les associations halophiles de Tunisie, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, ES 10, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 13 p., Tunisie.
- NOVIKOFF G., ROEDERER P., COINTEPAS J. P., (1959). — Notice sur la tournée du Cours sur la salinité U.N.E.S.C.O. 1959, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, ES 12, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 50 p., Tunisie.
- NOVIKOFF G., (1960)^f, a. — Etude agrologique de quelques palmeraies des Nefzaouas et du Djerid, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, ES 26, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 33 p., Tunisie.
- NOVIKOFF G., (1960), b. — La végétation des marais côtiers du golfe de Gabès, Procès-verbaux des séances mensuelles de la Société des Sciences Naturelle de Tunisie, 5 Février 1960.
- NOVIKOFF G., (1962). — Note préliminaire sur les possibilités d'extension de l'oasis de Seftimi, Publications de la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, n° 220, groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 6 p., Tunisie.
- NOVIKOFF G., et DAMAGNEZ J., (1962). — Esquisse écologique du Sahel côtier de Sousse (projet Nebâna), Rapport conjoint INRAT et HER, n° 221, Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 21 p., Tunisie.
- ORSHAN G. and ZOHARY D., (1955). — Vegetation of the littoral salmarshes of Israël, Bulletin of the Research Council of Israël, 4 (4), pp. 363-369.
- OZENDA P., (1954). — Observations sur la végétation d'une région semi-aride : les Hauts-Plateaux du Sud Algérien, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle et d'Afrique du Nord, Tome 45, fasc. n° 3-4, Mars-Avril, pp. 189-223, Algérie.
- PIGNATTI S., (1952). — Note fitosociologica su alcune associazioni alofile del litorale tunisino, Boll. d. Soc. Veneziana d. storia Nat. e.d. Museo civ. d. Storia Nat. 6, pp. 77-94, Italie.
- RIVIERE A., (1955). — Recherches récentes en Océanographie littorale; solutions nouvelles à quelques problèmes techniques, Extrait de la Houille Blanche, n° spécial B/1955, Grenoble, France.
- ROEDERER P. et Collaborateurs, (1960). — Légende des cartes pédologiques employées à la Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, Publications de la S.S.E.P.H., ES 29, Groupe H.A.R., Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, 40 p., Tunisie.
- RÜBEL E., (1935). — The replaceability of ecological factors and the law of minimum, Ecology, volume 16, n° 3, pp. 336-341.
- RUSSEL E. W., (1938). — Soil structure, Imp. Bur. Soil Sci. Tech. Commun., 37, Grande-Bretagne.
- RZEDOWSKI J., (1957). — Algunas asociaciones vegetales de los terreros del lago de Texcoco, Del Boletín de la Sociedad Botánica de México, n° 21, 16 p., Mexique.

- SHMUELI E., (1948). — The water balance of some plants of Dead Sea Salines, Palestine Journal of Botany, Jerusalem series, 4, pp. 116-143, Israël.
- SIMONNEAU P. L. (1952). — La végétation halophile de la plaine de Perrégaux, Université d'Alger, Faculté des Sciences, n° 2, 227 p., Algérie.
- SIMONNEAU P. L. (1953). — Note préliminaire sur la végétation des sols salés d'Oranie, Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique, Série A, Annales Agronomiques, n° 3, pp. 411-432, Paris, France.
- SIMONNEAU P. L. (1954). — La végétation des sols salés d'Oranie, les groupements à Atriplex dans les plaines sublittorales, Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique. Série A, Annales Agronomiques, n° 2, pp. 225-227, Paris, France.
- SIMONNEAU P. et DUBUIS A., (1960). — Contribution à l'étude de la végétation halophile des bassins fermés du plateau d'Oran, Délégation du Gouvernement Général en Algérie, Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural, Service des Etudes Scientifiques, Végétation n° 11, Clair Bois, Birmandreïs, 114 p.
- SOO VON BERE, REZSO. — Conspectus des groupements végétaux dans les Bassins carpathiques. I. Les associations halophiles, Inst. Bot. de l'Univ. Debrecen.
- SOURDAT M., (1960). — Etude de la sebkha de Skanès, Rapport provisoire n° 164, Section Spéciale d'Études de Pédologie et d'Hydrologie, Groupe H.A.R., Secrétariat d'État à l'Agriculture, Mars, 27 p., Tunisie.
- TADROS T. M., (1953). — A phytosociological study of halophilous communities from Mareotis (Egypt), Vegetatio, 4, pp. 102-124, La Haye, Pays-Bas.
- TADROS T. M. and ATTA B. M. A., (1958). — Further contribution to the study of the sociology and ecology of the halophilous plant communities of Mareotis (Egypt), Vegetatio, 8, pp. 137-160, La Haye, Pays-Bas.
- TERMIER H. et G., (1960). — Erosion et Sédimentation, Introduction à la géologie générale et à la paléogéographie, 412 p., Masson et Cie éditeurs, Paris, France.
- THOMAS H. H., (1922). — Some observations on plants in the Libyan desert, Journal of Ecology, 9, pp. 75-79.
- TIXERONT J., (1961). — Les crues de l'oued Kébir, de l'oued Nebâna, Coordination des études hydrauliques, Hn3, groupe H.A.R., Secrétariat d'État à l'Agriculture, Tunisie.
- TRICART J., (1954) a. — Influence des sols salés sur la déflation en Basse-Mauritanie et dans le delta du Sénégal, Revue de Géomorphologie Dynamique, Vol. 5, pp. 124-132, France.
- TRICART J., (1954) b. — Une forme de relief climatique : les sebkhas, Revue de Géomorphologie Dynamique, Vol. 5, pp. 97-101, France.
- U. S. SALINITY LABORATORY STAFF, (1954). — Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils, U. S. Department of Agriculture, Handbook, n° 60, 160 p., États-Unis.
- VERGER F., (1960). — Les buttes (ou mottes) gazonnées des Marais d'entre Loire et Gironde (C.N.R.S., Paris), Revue de Géomorphologie Dynamique, nos 4-5-6, Avril-Juin, pp. 59-60, France.
- WALTER H., et W. ALEKKINE, (1936). — Les bases de la géographie botanique, Biomedgiz, Moscou, Léninegrad (en russe), U.R.S.S., 694 p.

- WARMING., (1925). — *Oecology of plants*, Oxford University Press, London, 422 p., Grande Bretagne.
- WEINMAN H., (1948). — *Underground Development and Reserve of Grasses*, Journal of the British Grassland Society, III, (3), pp. 115-140, Aberystwyth Grande-Bretagne.
- WENDELBERGER G., (1943) — *Die Salzpflanzengesellschaften des Neusiedler sees*, Sonderabdruck aus Heft 3, Band 92, Wiener, Botanischen Zeitschrift, Springer Wien, Autriche.
- WENDELBERGER G., (1950). — *Zur Soziologie der Kontinentalen Halophyten vegetation Mitteleuropas unter besonderer Berücksichtigung der salzpflanzengesellschaften*, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse Denkschriften, 108, Band 5, Abhandlung, Österreichische Staatsdruckerei, 180 p., Autriche.
- WESTHOFF V., (1947). — *The vegetation of dunes and salt marshes on the dutch islands of Terschelling, Vlieland and Texel*, Diss.'s Gravenhage, Pays-Bas.
- WHITTAKER W. H., (1954). — *Plant populations and the basis of plant indication*, Festschrift für Erwin Aichinger, Wien, Springer-Verlag, Band I, pp. 189-206, Autriche.
- ZARGARI A., (1960). — *Contribution à l'étude de la flore désertique de l'Iran en particulier par l'anatomie comparée*, thèse de doctorat ès-sciences, Université de Montpellier, Faculté des Sciences, 123 p., (Rouen), France.
- ZARZYCKI K., (1958). — *Wilgotne laki w okolicy czernichowa i roztębia ich ochrony osobne odbicie z « Ochrony przyrody »*, R. 25, Krakow, 69 p.
- ZOHARY M., (1945). — *Outline of the vegetation of Wadi Araba*, Journal of Ecology, 32, 204 p., Etat d'Israël.
- ZOHARY M. and ORSHANSKY G., (1949). — *Structure and ecology of the vegetation in the Dead Sea region of Palestine*, Palestine Journal of Botany, Jerusalem series, 4, pp. 177-206, Etat d'Israël.
- ZOHARY M. and FEINBRUNN N., (1951). — *Outline of the vegetation of the Northern Negev*, Palestine Journal of Botany, Jerusalem series, 5, pp. 96-114, Etat d'Israël.

CLASSIFICATION DES SOLS SALES ETUDIES



CLASSIFICATION DES SOLS SALES ETUDIES

I. — SOUS-CLASSE DES SOLS HALOMORPHES PROPREMENT DITS

L'évolution pédogénétique de cette sous-classe est dominée uniquement par la salure.

Groupes des sols très fortement salés ou très fortement salés à alcalis. Ce groupe de sols se caractérise par

— une certaine amplitude de variation de la teneur en sels solubles (conductivité variant de 150 à 50 millimhos) et rapport Na/T de 80 à 40 environ;

— la migration des sels les plus solubles vers la surface du sol; ceci crée soit une pellicule croûtoïde, soit une croûte salée, compacte (salt-pan chez les Anglo-Saxons) ou se distinguent les trémies du chlorure de sodium;

— l'existence d'un horizon à pseudo-mycélium gypso-calcaire et salé s'accompagnant aux salures les plus élevées d'un horizon superficiel à pseudo-sable argileux pour les sols salés à texture fine;

— l'absence de structure nette.

Sol de Sebkha. Il s'agit d'un sol très fortement salé, suivant la définition que nous en avons donnée dans la notice de légendes des cartes du Service Pédologique de Tunisie (p. 17, 1960); le sol de sebkha peut être salé à hydromorphie totale, temporaire, à accumulation de sels en surface, formant soit une pellicule croûtoïde, soit une croûte épaisse. Ces sols se rencontrent fréquemment dans les dépressions fermées et fortement salées (chotts, sebkhas) des régions arides de la Tunisie.

A la surface du sol, on distingue souvent des grandes taches de sulfures se reconnaissant à leur couleur gris-noir et un dégagement d'hydrogène sulfuré sous l'action de l'acide chlorhydrique. Les sels qui dominent dans le profil sont les chlorures parmi les anions et le sodium parmi les cations. Des analyses des croûtes salées des chotts et des sebkhas sont présentées page 106.

Le profil suivant fournit un exemple de sol de sebkha, situé en bordure du chott Djerid (Tunisie du Sud).

0-2 cm : croûte salée, au-dessous de laquelle apparaissent, par taches, des sulfures.

2-25 cm : brun très pâle, (C 54); gypse sableux avec minces lits de sable fin limoneux et gypseux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines ni radicelles; frais.

- 25-60 cm : brun pâle (C 61); limoneux et gypseux, à abondantes petites lentilles de gypse; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique; ni racines ni radicelles; humide.
- 60-90 cm : brun très pâle (C 62); limoneux et gypseux; grumeleux; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines ni radicelles; humide.
- 90-100 cm : brun très pâle (C 62); gypse sableux; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé.

Les analyses montrent l'existence d'un gradient d'accumulation des sels solubles : 145 millimhos pour la croûte salée et variation de la teneur en sels solubles allant de 145 à 70 millimhos dans les horizons sous-jacents. Etant surtout constitué de gypse sableux, le sol est non à alcali, fortement salé.

Sol très fortement salé à alcali. Il se caractérise dans certaines conditions par l'appartition en surface d'une couche plus ou moins épaisse de « pseudosable » argileux dont nous expliquons la formation au paragraphe consacré à la végétation halophile des bourrelets éoliens. Le plus souvent, apparaît dans le profil un pseudomycélium gypso-calcaire et salé. Ce sont des sols qui en Tunisie se rencontrent fréquemment dans les dépressions argileuses et salées (chotts, sebkhas) subissant un engorgement temporaire suivi d'une dessiccation rapide.

L'exemple cité est situé à Heriet el Batene (région de Kairouan, Tunisie du Centre).

0-5 cm : brun pâle (C 61); plaquettes argileuses.

5-25 cm : brun pâle (C 61); argileux; structure poussiéreuse particulière lâche, avec à la base un mince lit de cristaux de sel.

25-100 cm : brun clair (D 54); argileux; structure diffuse; abondant pseudomycélium gypse-calcaire et salé avec dans la masse petits cristaux allongés de sulfate de sodium; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 110 cm.

Les chiffres de conductivité varient de 83 à 76 millimhos et le rapport Na/T de 41 à 44. Dans cette dépression, le transport du pseudosable a été étudié par Bouraly (1958). En période humide, ce pseudosable se transforme en un horizon boueux, très plastique.

Groupe des sols fortement salés à salés (ou salés à alcalis). Ces sols se caractérisent par une certaine amplitude de variation de la teneur en sels solubles (conductivité variant de 50 à 30 millimhos pour un sol fortement salé, de 30 à 10 pour un sol salé) et du rapport Na/T (de 40 à 20, de 20 à 12-15 selon le type de sol).

Sol salé à alcali. Au cours de notre travail, nous avons décrit plusieurs type de sols fortement salés à alcalis. Aussi nous n'étudierons ici qu'un exemple de sol salé à alcali, dans la plaine inondable de la Monaghia (région de Tunis)

0-20 cm : brun jaune, (E 63); argileux; structure nuciforme moyenne, nette, friable, microporosité faible; rares petites poches d'accumulation de gypse microcristallisé sous forme de disques; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; racines et radicelles; sec.

20-50 cm : brun très pâle, (C 54); argileux; structure cubique moyenne, nette, compacte, microporosité faible; peu abondantes poches d'accumulation de gypse microcristallisé sous forme de disques, pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; quelques débris de coquille; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; abondantes racines et radicelles; frais.

50-100 cm : brun gris foncé, (E 61); argileux; taches jaune pâle nettement individualisées; structure diffuse, petites poches d'accumulation de gypse microcristallisé sous formes de petits disques; abondant pseudomycélium gypso-calcaire; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, courte; racines et radicelles peu abondantes; humide.

100-130 cm : brun gris foncé, (E 61), avec taches rouge jaune (E 58) assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure diffuse; microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, courte; quelques radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 130 cm.

La conductivité dans ce profil varie de 17 à 45 millimhos, mais le lessivage ne se fait sentir que sur les deux premiers horizons.

Sol salé à alcali lessivé. Dans ce type de sol, existe un lessivage des sels solubles affectant tout le profil; on note donc une augmentation régulière des sels avec la profondeur; le gypse, et même le carbonate de calcium peuvent présenter un début de lessivage. Il faut bien séparer ce sol salé à alcali lessivé ou ne se produit qu'un lessivage affectant les composés les plus solubles, du sol à alcali lessivé où se produit un lessivage de l'argile (sol du type solonetz au sens large). Ces sols salés à alcalis lessivés existent surtout dans les plaines inondables bien drainées, les plaines d'embouches. Les sols des bourrelets éoliens argileux montrent également un lessivage des sels solubles; mais dans ces derniers il n'y a pas de traces d'hydromorphie actuelle. Le profil étudié concerne la plaine inondable bien drainée d'El-Alem (région de Kairouan, Tunisie du Centre).

0-50 cm : brun jaune foncé, (F 64); limono-argileux; macrostructure en plaquettes moyenne, nette, compacte, sans microporosité, microstructure cubique à polyédrique; quelques débris de co-

quille; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

50-75 cm : brun jaune foncé, (F 64), avec reflets jaunes, (C 86); limono-argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte, sans microporosité; pseudomycélium gypso-calcaire; gaines d'oxydation après réduction préalable autour de quelques radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

75-115 cm : brun jaune foncé, (F 64), à taches brun jaune, (D 63), à passage progressif, et quelques taches grises (D 90) à passage progressif autour de quelques radicelles; limono-argileux; petites concrétions ferrugineuses (dont certaines en formation); pseudomycélium gypso-calcaire abondant; débris de coquilles de gastéropodes; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

115-175 cm : brun jaune foncé, (F 64); à taches brun jaune, (D 63), et taches grises (E 90) jaune rouge (D 48) à passage progressif les premières étant plus abondantes que les secondes; limono-argileux; structure polyédrique moyenne, nette, friable, à microporosité moyenne; pseudomycélium gypso-calcaire abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

175-190 cm : brun jaune foncé, (F 63), taches brun jaune, (E 63), et taches grises, (D 90), aussi abondantes les unes que les autres, existence autour des radicelles d'un manchon gris clair de sulfures; limono-argileux; structure diffuse, microporosité faible; pas de pseudomycélium, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; racines et radicelles; frais.

190-235 cm : jaune, (C 86), à taches brun jaune, (D 72), et taches grises, (D 90), dans les mêmes proportions que précédemment mais un peu plus grandes, à passage progressif; sablo-argileux; structure diffuse; une certaine microporosité, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.

Les analyses nous montrent que

— la teneur en sels solubles augmente régulièrement avec la profondeur (9,6; 17,5; 21,5; 26,3; 23,9). de même le rapport Na/T (14; 16; 21,8; 25,8; 27; 31,2).

— la teneur en gypse augmente jusqu'au 4^{me} horizon (0,3; 0,4; 0,8; 1).

— la teneur en CO₂ Ca augmente jusqu'au 5^{me} horizon (26,7; 26,7; 27,30). Il y a donc bien lessivage important des sels les plus solubles, du gypse, et même un léger entraînement du CO₂ Ca.

II — SOUS-CLASSE DES SOLS HALOMORPHES DE TRANSITION

Dans la sous-classe précédente, les caractères de l'hydromorphie étaient faibles, alors que dans certains groupes de la sous-classe des sols halomorphes de transition ils sont dominants (sol de polder par exemple). La pédogénèse des sols étudiés dans cette catégorie dépend donc de plusieurs facteurs : salure et hydromorphie dans ce cas. On distingue donc des groupes de sols dont chacun correspond à des facteurs différents; à l'intérieur du groupe, existent des sous-groupes correspondant à des variations des deux facteurs (par exemple hydromorphie topographique résultant d'une nappe horizontale, ou hydromorphie latérale résultant d'un mouvement oblique de nappe). Dans chaque sous-groupe, il y aura des séries distincts suivant que le facteur pédogénétique affecte la totalité ou une partie du profil (série à hydromorphie totale ou série à hydromorphie partielle par exemple).

Groupe des sols hydromorphes et salés. Ce groupe est de loin le plus diversifié en Tunisie.

Sous groupe des sols à hydromorphie topographique.

Sol à hydromorphie totale; l'hydromorphie dans ce cas affecte la totalité du profil

Sol de polder. Ce sol est surtout caractérisé par la présence d'un horizon très superficiel de sulfures, ce qui dans des conditions normales, abaisse son pH aux environs de 5-6. Le profil suivant a été étudié à la Sebkha d'Oum ez Zessar (région de Gabès, Tunisie du Sud).

0-15 cm : brun très pâle, (C 54), à taches brun pâle, (C 61), taches jaune rouge, (C 56), à passage progressif formant manchon autour des racines et dans la masse, très abondantes et grandes taches de sulfures (dégageant de l'hydrogène sulfuré) à passage progressif de couleur gris foncé (F 10), passant à gris-clair (C 90); limono-argileux, structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; abondantes racines et radicules; humide.

15-55 cm : gris, (D 90), avec grandes taches gris-foncé (F 10) à passage progressif; limono-argileux; structure diffuse; abondants et fins débris organiques; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; radicules peu abondantes; humide.

55-85 cm : gris (D 90); limono-argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicules; très humide.

Plan d'eau salé à 85 cm.

Les analyses de conductivité nous indiquent que ce sol est très fortement salé à alcali. (75 millimhos dans tout le profil). Mais dans

ce cas, les caractères de l'hydromorphie apparaissent autant dans le profil que ceux de la salure.

Sol hydromorphe et salé à gley. Dans un sol à gley, les phénomènes de réduction sont plus importants que les phénomènes d'oxydation. Il en résulte une solubilisation importante du fer, donnant au profil une teinte uniformément grise, ou gris foncé, ou olive. Le profil suivant a été réalisé dans les marécages de l'Ichkeul (région de Bizerte, Tunisie du Nord).

0-10 cm : brun gris (E 62), avec taches d'oxydation après réduction préalable préalable le long des radicelles; argileux; structure nuciforme à polyédrique moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; rhizomes et radicelles; sec.

10-30 cm : gris-foncé (F 10), avec taches brun-vif (E 56) petites, peu abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique moyenne, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes et radicelles; sec.

30-60 cm : gris-foncé (F 10) avec taches brun-vif, (E 56) petites, peu abondantes; argileux; structure prismatique moyenne, peu nette; pseudo-mycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique, moyenne, modérée; radicelles; frais.

60-75 cm : gris (E 10) avec grandes taches jaune pâle (C 72); argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.

75-125 cm : gris (E 10) avec grandes taches gris-foncé (F 10) et taches jaune pâle (C 72) toutes deux à passage progressif, argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 125 cm.

L'examen des analyses nous montre que le sol est très fortement salé à alcali.

Sols à hydromorphie partielle

Dans ce sous-groupe, l'engorgement n'affecte qu'une partie du profil (la surface ou la profondeur).

Sol hydromorphe et salé à taches de surface. Le profil S 14 a été étudié à Garaet el Mabtouha (région de la Basse Vallée de la Medjerda, Tunisie du Nord).

0-3 cm : brun jaune, (D 63); argileux; nuciforme à tendance polyédrique, structure fine, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte modérée; horizon d'abondance maximum des radicelles; sec.

- 3-10 cm : brun-jaune, (D 63), à taches jaunes, (C 66), assez abondantes à passage progressif; argileux; macrostructure prismatique, large, nette, compacte, microstructure cubique, moyenne, diffuse, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; horizon d'abondance maximum des radicelles; sec.
- 10-70 cm : brun jaune, (D 63), à taches jaunes, (C 66), à passage progressif; argileux; structure diffuse; pseudomycélium gypso-calcaire; peu abondant; débris de coquilles peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, modérée; radicelles; frais.
- 70-120 cm : brun jaune, (D 63), à taches jaunes, (C 66), à passage progressif; argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte; pseudomycélium gypso-calcaire et un peu salé abondant; débris de coquilles peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.
- 120-130 cm : brun jaune, (D 63), à quelques taches jaune rouge, (D 56), et taches brun pâle, (C 61), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes large, nette, compacte; très abondant pseudomycélium gypso-calcaire et salé; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne modérée; ni racines ni radicelles; humide.
- 130-150 cm : brun-jaune, (D 63), avec taches rouge jaune, (E 46) à passage progressif vers la couleur jaune rouge, (D 56) assez abondantes, taches brun pâle, (C 61) à passage progressif peu abondantes, argileux; structure diffuse, microporosité moyenne, macroporosité faible; pseudomycélium gypso-calcaire et salé assez abondant, vermicules gypseux; abondants débris organiques; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.
- 150-160 cm : mêmes caractères mais apparition de taches grises, (D 90), abondantes à passage progressif; très humide.

Plan d'eau salé.

Jusqu'à 120 cm, on observe l'existence de taches jaunes; au dessous apparaît un horizon marmorisé évolant vers un pseudogley. Les analyses nous montrent qu'il s'agit d'un sol salé à alcali.

Sol hydromorphe et salé à horizon marmorisé voisin de la surface.

Il est reconnu qu'il est rare que l'horizon marmorisé soit superficiel, sauf peut être dans la vallée du Niger; dans le type décrit, le profil SV1 (Garaet el Mabtouha, Basse Vallée de la Medjerda, Tunisie du Nord) il commence à 10 cm de profondeur.

- 0-10 cm : brun jaune, (D 72); argileux; macrostructure prismatique large, compacte, microporosité faible; gaines d'oxydation après réduction préalable autour des radicelles; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; radicelles; sec.

- 10-50 cm : brun jaune, (D 72), avec taches jaune brun (D 66) et taches grises (E 90) peu abondantes, toutes deux à passage progressif; argileux; macrostructure prismatique large, recoupée par une structure en plaquettes (formation par places d'une structure cubique), microporosité faible, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, modérée; radicelles; frais.
- 50-100 cm : brun jaune, (D 63), avec taches jaune brun, (D 66), et gris brun clair, (D 81), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes fine, nette friable, microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; radicelles; frais.
- 100-140 cm : brun jaune, (D 72), avec taches jaune rouge (D 36) et gris-clair, (C 90), toutes deux assez abondantes, à passage progressif; structure diffuse; pseudomycélium gypso-calcaire peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines ni radicelles; humide.
- 140-160 cm : brun jaune, (D 72), avec taches jaune-rouge, (D 36), et grises, (D 90), assez abondantes à passage progressif, à peu près en mêmes proportions; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé.

Dans le profil étudié, l'horizon marmorisé, constitué de taches jaune brun et de taches grises s'étend avec une densité inégale sur une épaisseur de 90 cm. Les horizons profonds correspondent à un pseudogley; la totalité du profil est un sol salé à alcali.

Sol hydromorphe et salé à pseudogley. Dans un sol à pseudogley, les phénomènes de réduction deviennent importants, mais il sont encore assez temporaires. Il en résulte une certaine solubilisation du fer suivie d'une reprécipitation sur place; ces phénomènes existent aussi dans les sols salés. Le profil présente un aspect caractéristique : taches jaune-rouge à passage progressif alternant avec des taches grises beaucoup moins abondantes. Le profil U 2 a été étudié à Utique (Basse Vallée de la Medjerda, Tunisie du Nord) dans une dépression fermée marécageuse (garâa).

- 0-15 cm : gris-brun clair, (D 81), avec assez abondantes taches grises (D 90), à passage progressif, l'horizon dégage à l'acide chlorhydrique une odeur d'hydrogène sulfuré; manchon grisâtre de sulfures autour des rhizomes; argileux; structure prismatique large, nette, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes, racines et radicelles; sec.
- 15-50 cm : olive, (E 82), avec taches jaune-rouge, (D 58), assez abondantes à passage progressif dans la masse et le long des radicelles, à taches grises, (E 90), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique large, plus diffuse,

compacte (l'horizon dégage à l'acide chlorhydrique une odeur d'hydrogène sulfuré); effervescence à l'acide moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

50-100 cm : olive, (E 82), avec quelques taches grises, (D 90), et quelques taches jaune-rouge à passage progressif; argileux; structure en p'aquettes, moyenne, nette, assez compacte, microporosité faible; pseudo-mycélium.

100-155 cm : olive, (E 84), avec taches grises, (E 90), assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte, microporosité faible; pseudo mycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; débris de radicelles avec autour manchon de sulfures; excepté cela, ni racines ni radicelles; sec.

Pas de plan d'eau.

Les analyses nous indiquent que le sol est salé à alcali en surface, fortement salé à alcali en profondeur. (conductivité variant de 16,5 à 36 millimhos et rapport Na/T variant de 24,3 à 35,1).

Sol hydromorphe et salé à gley. Dans un sol à gley, les conditions réductrices sont encore plus forte que dans un sol à pseudogley. On observe une solubilisation appréciable du fer. L'aspect de l'horizon de gley est gris, et ceci se retrouve dans le sol salé étudié qui est le profil DJI 2 (région du Djebel Ichkeul, Tunisie du Nord).

0-10 cm : brun gris, (E 81), gaines d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; argileux; structure nuciforme moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; rhizomes et radicelles; sec.

10-30 cm : gris-foncé, (F 10), avec taches brun vif petites, (E 56), peu abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique moyenne, très compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; rhizomes et radicelles; sec.

30-60 cm : gris-foncé, (F 90), avec taches brun vif, (E 56) à passage progressif, peu abondantes; argileux; structure diffuse. pseudomycélium calcaro-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; frais.

60-75 cm : gris, (D 90), avec grandes taches jaunes pâles, (C 83), argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; humide.

75-85 cm : gris, (E 90), avec grandes taches gris foncé, (F 90), à passage progressif, et taches jaune rouge, (C 74), de taille moyenne à passage progressif; argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles humide.

85-120 cm : gris, (E 90), avec taches gris-clair, (C 90), à passage progressif, et tache jaune rouge, (C 74), les secondes prédominant sur les premières; argileux; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé.

De tels sols à gley superficiel existent surtout dans les dépressions fermées marécageuses.

Les analyses nous montrent que le sol est salé à alcali.

Sol hydromorphe et salé à taches ferrugineuses. Le profil Ka 9 correspond à une plaine d'embouchure mal drainée de la région de Kairouan (Tunisie du Centre).

0-20 cm : brun clair, (D 54), avec assez abondantes taches jaune rouge, (D 46), à passage progressif; argileux; structure polyédrique moyenne, se débitant sous le choc en petits agrégats micropolyédriques, microporosité moyenne; abondants et fins débris végétaux sans manchons de sulfure; pseudomycélium calcaro-gypseux; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; racines et radicelles; frais.

20-80 cm : brun clair, (D 54), avec taches jaune rouge, (D 46), assez abondantes, à passage progressif, devenant progressivement moins abondantes vers le bas de cet horizon; argileux; structure polyédrique fine, nette, friable, microporosité faible; pseudomycélium calcaro-gypseux devenant progressivement plus abondant vers 60 cm; quelques débris organiques sans manchon de sulfures; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

80-115 cm : brun clair, (D 54), quelques taches jaune rouge, (C 56), à passage progressif, argileux; structure diffuse, compacte, à taches grises, (D 10), de sulfures assez abondantes, et auréoles de sulfures autour des débris organiques; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; humide.

115-145 cm : gris, (D 10); argileux; structure diffuse, très compacte, à taches gris foncé de sulfures de grande taille à passage très progressif, (ce sont des sulfures car il y a dégagement d'hydrogène sulfuré à l'acide), également auréoles de sulfures autour des débris organiques; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé.

On observe dans ce profil l'existence d'horizons (0-20 cm) où les taches jaune rouge sont denses, puis plus bas (20-80 cm) ces taches diminuent d'abondance pour être rares de 80 à 115 cm. Au dessous existe un horizon gleyeux. Dans ces horizons, la conductivité varie de 18 à 48 millimhos et le rapport Na/T de 15 à 32; ce sont donc des sols salés à alcalis dans les horizons superficiels, fortement salé à alcalis en profondeur.

Sol hydromorphe et salé à concrétions ferrugineuses. Nous n'avons pu trouver d'horizons superficiels à concrétions ferrugineuses uniquement. Ces éléments existent dans l'exemple de profil de sol

salé à alcali lessivé (el Alem) ou les concrétions sont localisées de 75 à 115 cm, ou dans le profil de sol noir tropical de 25 à 35 cm.

Sol hydromorphe humifère faiblement salé.

Un sol hydromorphe humifère est celui qui se développe sous une végétation prairiale où dominant Légumineuses et Graminées; la matière organique y existe en qualités relativement élevées par rapport aux autres sols; elle y est plus au moins bien évoluée, et colore le sol en gris brun, ou gris brun clair. La structure varie depuis celle en plaquettes jusqu'à la structure grumeleuse dans les cas les plus favorables. De tels sols existent surtout à la périphérie des dépressions fermées de type garaâ, dans l'étage bioclimatique d'Emberger subhumide et semi-aride supérieur. Le profil SA 3 est situé à Garaet el Mabtouha (Basse Vallée de la Medjerdah, région de Tunis).

0-10 cm : gris-brun, (D 82); limono-argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte, microporosité moyenne, macroporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

10-45 cm : gris brun clair, argilo-sableux; structure prismatique moyenne, nette, recoupant une structure en plaquettes; microporosité moyenne; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; nombreuses racines assez grosses; débris de petites coquilles; sec.

45-75 cm : brun, (D 42); argilo-sableux; structure prismatique moyenne, nette, recoupant une structure en plaquettes, peu nette, microporosité moyenne, macroporosité plus faible; quelques petits débris de poterie; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; nombreuses radicelles; sec.

75-115 cm : brun gris, (E 62), avec reflets rougeâtres, argileux; structure polyédrique peu nette, friable; nombreux débris de poterie; quelques taches blanchâtres, effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; frais.

115-170 cm : sablo-argileux; brun très pâle, à taches noirâtres vers le haut de l'horizon; polyédrique, moyen, net, friable; poreux; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles peu abondantes; frais.

170-200 cm : sableux; taches grises et jaunes assez abondantes à passage progressif, ponctuations calcaro-gypseuses blanchâtres; structure diffuse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, modérée; quelques grosses racines; humide à très humide.

Plan d'eau à 200 cm.

On remarque l'existence dans la partie superficielle (0-10 cm) et moyenne du profil (10-45 cm) d'un horizon humifère gris-brun puis gris-brun clair, passant au gris-rougeâtre. La matière organique

y existe en qualités assez élevées (4,31). La conductivité oscille dans le profil entre 4 et 10 millimhos, et le rapport Na/T varie de 23 à 19. Le sol est donc faiblement salé à alcali.

Sol noir hydromorphe et salé. Les sols noirs tropicaux non salés se définissent selon G. Aubert par les caractères morphologiques et chimiques suivants :

a) existence d'un profil à horizons différenciés

— en surface, présence d'une structure grumeleuse fine passant à une structure polyédrique fine.

— au dessous horizon prismatique à structure prismatique qui en général est large.

— au dessous, un horizon à plaquettes;

— un horizon à concrétions ferrugineuses et parfois des amas de calcaire pulvérulents.

b) la matière organique y est en quantités faibles (1 à 3 %) mais elle est bien évoluée (structure grumeleuse notamment). De tels sols existent dans les dépressions incomplètement fermées du type *Merja* de l'étage subhumide d'Emberger. Le profil que nous avons étudié est situé à la *Merja el Djedara* (aux environs de Menzel Djemil).

0-25 cm : gris très foncé, (J 90), presque noir, argileux; structure grumeleuse puis devenant polyédrique fine assez rapidement, nette, friable, macroporosité et microporosité moyenne; gaines d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; traces de galeries et activité de vers; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, modérée; racines et radicelles très abondantes; sec.

25-35 cm : brun foncé, (H 63), avec taches brun olive clair, (E 74), peu abondantes, à passage progressif; argileux; structure prismatique fine, microstructure polyédrique fine, compacte; petites concrétions ferrugineuses; gaines d'oxydation après réduction préalable, le long des radicelles; galeries et activité de vers, débris de coquilles peu abondants; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modéré; racines, rhizomes et radicelles; sec.

35-80 cm : brun rouge, (E 43); argileux; macrostructure prismatique fine recoupant une microstructure en plaquettes, fine, nette, compacte; concrétions calcaires peu abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles peu abondantes; rhizomes; sec.

80-130 cm : olive pâle, (E 83), avec taches jaune-rouge, (D 46); argileux; macrostructure cubique, fine, toutes deux nettes, compactes; avec abondantes concrétions calcaires; effervescence à l'acide chlorhydrique forte, prolongée; racines, rhizomes, radicelles rares; frais.

- 130-155 cm : olive pâle, (E 83), avec taches jaune rouge (D 56), abondantes, à passage progressif; argileux; macrostructure cubique fine, la première nette, la seconde plus diffuse, toutes deux compactes; concrétions calcaires moins abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique forte à moyenne, prolongée; racines et radicules, rhizomes peu abondants; frais.
- 155-195 cm : olive, (E 84); argileux; structure diffuse; compacte, concrétions calcaires peu abondantes; abondants débris de coquilles; racines et rhizomes ici entourés de sulfures; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; humide.
- 195-235 cm : olive, (E 84); argileux; structure diffuse, compacte; dégageant une odeur d'hydrogène sulfuré dans la masse; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne; rhizomes très humide.

Plan d'eau à 235 cm.

Nous pouvons constater que les caractères morphologiques du profil se rapprochent de ceux décrits pour le sol noir tropical et hydromorphe, mais la structure est plus fine. On peut émettre l'hypothèse que comme ces sols sont à alcalis, la structure fine est peut être due à la salure. En outre, l'horizon à concrétions ferrugineuses se situe au niveau de l'horizon prismatique.

Les teneurs en matière organique varient de 2,74 à 1,60; elles sont donc faibles. Par tous ces caractères, ce sol se rapproche d'un sol noir hydromorphe. Mais, en outre, il est faiblement salé (conductivité variant dans les 2 premiers horizons de 9 à 3) à non salé en profondeur, à alcali (rapport Na/T variant dans les deux premiers horizons de 15 à 11) en surface, non à alcali et non salé en profondeur.

Sous-groupe des sols à hydromorphie résultant d'un mouvement oblique de nappe.

Il existe une catégorie de sols salés et hydromorphes où l'hydromorphie résulte de l'écoulement oblique d'une nappe. La différence, selon le Professeur G. Aubert, résulte essentiellement dans la répartition des teneurs en fer total. Dans un sol à hydromorphie topographique, les teneurs en fer total sont identiques dans tous les horizons du profil. Dans un sol où l'hydromorphie est due à une circulation oblique de la nappe, les teneurs en fer total augmentent avec la profondeur. Ceci se traduit par la présence de concrétions ferrugineuses dont la taille augmente aussi avec la profondeur. De tels sols salés et hydromorphes se trouvent dans la Tunisie du Nord en bordure de piedmont. L'exemple étudié (profil Baoua'a 5) concerne la zone de bordure de piedmont du djebel Baoua'a (région de Mateur, Tunisie du Nord).

- 0-25 cm : brun rouge, (F 34), rouge pour les deux premiers centimètres; limono-argileux; structure nuciforme, moyenne, nette, friable, gaines d'oxydation après réduction préalable le long des radicelles; petites et peu abondantes concrétions ferrugineuses, petites poches de gypse microcristallisé, abondantes, à pseudomycélium calcaro-gypseux abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique nulle; rhizomes et radicelles abondants; sec.
- 25-55 cm : brun rouge, (F 34); limono-argileux; grumeleux, irrégulier, moyen, net, microporosité moyenne; petites et assez abondantes concrétions ferrugineuses, petites poches de gypse microcristallisé, quelques taches blanchâtres de gypse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, modérée; racines et radicelles.
- 55-90 cm : brun foncé, (E 54) avec taches jaunes rouge, (D 56), peu abondantes, à passage progressif; limono-argileux; structure polyédrique, moyenne, nette, friable, microporosité faible; petites et assez abondantes concrétions ferrugineuses, petits amas de gypse microcristallisé sous forme de microroses de sable; effervescence à l'acide chlorhydrique faible, modérée; ni racines ni radicelles;
- 90-140 cm : brun rouge foncé, (H 23), avec taches rouges, (E 16), assez abondantes à passage progressif; limono-argileux; structure en plaquettes, moyenne, nette, compacte; petites concrétions ferrugineuses un peu moins abondantes mais beaucoup plus grosses que précédemment, à petits amas de gypse, sous forme de microroses de sable et aussi sous forme de gypse microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 155 cm.

Groupe des sols calcimorphes gypseux et salés.

Sous-groupe des sols calcimorphes à concrétions réparties

L'existence du gypse dans un profil lui donne des caractères assez particuliers.

Sol à gypse finement microcristallisé.

L'exemple suivant (profil Ke 64) a été étudié près de Telmine (région du chott Djerid, Tunisie du Sud).

- 0-5 cm : brun jaune, (D 63); sable fin et gypseux; grumeleux. à gypse finement microcristallisé, friable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; racines et radicelles; frais.
- 5-20 cm : brun très pâle, (C 63), avec mouchetures jaune nâle. (C 74); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse; microporosité faible, friable à gypse finement microcristallisé, à petites poches d'accumulation à gypse microcristallisé assez abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, courte; racines et radicelles; frais.

- 20-28 cm : brun très pâle (C 63) avec les mêmes mouchetures mais moins abondantes; sable fin limoneux et gypseux, structure diffuse; microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; racines et radicelles; frais à humide.
- 28-35 cm : sable fin limoneux et gypseux, brun très pâle, (C 63); sable fin limoneux et gypseux; microporosité; friable à compact; gypse finement microcristallisé, avec peu abondantes et petites poches d'accumulation à gypse microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte; racines et radicelles; frais à humide.
- 35-40 cm : brun très pâle, (C 63); limoneux et gypseux, se débitant par éclats, très compacts. pas de microporosité; gypse finement microcristallisé avec petites poches d'accumulation de gypse microcristallisé peu abondantes; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; racines et radicelles.
- 40-55 cm : brun très pâle, (C 63); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse; gypse finement microcristallisé, avec quelques indurations de même couleur; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne modérée; racines et radicelles; frais à humide.
- 55-65 cm : brun très pâle, (C 63), avec taches blanches, (A 10); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse; gypse finement microcristallisé, avec petites indurations gypseuses de même type; microporosité; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne à forte, courte; frais.
- 65-90 cm : brun très pâle, (C 63), avec mouchetures blanches (A 10), augmentant vers le bas de l'horizon; gypse microcristallisé, sable fin limoneux et gypseux; grumeleux; gypse finement microcristallisé avec petites indurations de même gypse; effervescence à l'acide chlorhydrique faible mais courte; radicelles; frais à humide.
- 90-100 cm : brun très pâle, (C 63), à mouchetures gypseuses abondantes b'anches, (A 10); sablonneux et gypseux; structure diffuse; gypse finement microcristallisé; dans la masse des indurations de gypse microcristallisé; microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; radicelles; frais.
- 100-117 cm : brun très pâle, (C 63); sable fin limoneux et gypseux; structure diffuse; gypse finement microcristallisé assez compact microporosité faible; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; radicelles; frais.
- 117-124 cm : brun très pâle, (C 63); limoneux et gypseux; structure diffuse (car humide), se débitant par éclats, compact, sans microporosité; gypse finement microcristallisé; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines ni radicelles; humide.
- 124-130 cm : jaune rouge, (C 56); limoneux et gypseux; structure diffuse; gypse finement microcristallisé, moins compact que précédemment; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé.

Les analyses de conductivité nous montrent que le sol est fortement salé.

Sol à gypse sableux.

Le gypse dans ce cas se présente sous l'aspect morphologique d'un sable.

0-15 cm : brun très pâle, (C 63); gypse sableux, légèrement limoneux; particulière, lâche, par places horizon mince de sulfures (dégageant de l'hydrogène sulfuré sous l'action de l'acide), effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

15-35 cm : brun très pâle, (C 63); stratification de minces couches de gypse sableux blanc et de minces couches de sable fin un peu plus limoneux; particulière lâche pour les couches de gypse sableux, grumeleux pour les couches de sable fin; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, modérée, pas d'effervescence pour le gypse sableux; racines et radicelles; frais à humide.

35-50 cm : blanc (A 19); gypse sableux; structure diffuse avec un passage de sable gypseux, jaune pâle, (A 83); particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique faible; ni racines ni radicelles ; très humide.

Plan d'eau salé à 50 cm.

Observation : les taches de sulfures ne se forment en surface que dans les endroits où le sable est plus compact.

Groupe des sols de déflation éolienne.

Ce groupe de sols résulte d'une déflation éolienne des sebkhas (lacs salés intermittents) argileuses, phénomène pouvant encore se produire actuellement. Il s'agit donc surtout de sols héritiers.

Sous groupe des sols de déflation éolienne vive. Ce sol est peu évolué et résulte de l'accumulation du pseudosable argileux et de son tassement. Ce qui le caractérise, c'est une structure prismatique fine et une porosité importante, décroissant avec la profondeur. Le profil suivant a été étudié à Hergla (région côtière de la Tunisie près de Sousse).

0-6 cm : brun jaune clair, (H 88); argileux; particulière lâche; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; radicelles; sec.

6-15 cm : brun, (D 41); argileux; structure prismatique fine, nette, friable, à forte macro et microporosité; pseudomycélium calcaire-gypseux peu abondant; effervescence à l'acide chlorhydrique courte; racines et radicelles; sec.

15-90 cm : brun (D 41); argileux; structure diffuse, friable, porosité forte (tant macro que micro); quelques minces lits de sable; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais.

90-125 cm : brun, (D 41); argileux; structure en plaquettes moyenne, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais à humide.

125-165 cm : brun, (D 41); avec taches jaune rouge et taches gris-foncé assez abondantes, à passage progressif, débris de coquilles, effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne, ni racines ni radicelles humide.

165-200 cm : brun, (D 41); avec taches jaune rouge, (D 48); rouge assez abondantes, à passage progressif; argileux; structure en plaquettes large, nette, compacte; effervescence à l'acide chlorhydrique faible à moyenne; ni racines ni radicelles; très humide.

Plan d'eau salé à 200 cm.

Sous-groupe des sols de déflation éolienne morte. Les sols de ce sous-groupe résultent d'une accumulation éolienne assez ancienne, aussi certains ont subi une évolution pédogénétique particulière.

Sol fortement salé à alcali. Le profil H 4 étudié situe à Hergla (région côtière de la Tunisie).

2-10 cm : jaune pâle, (C 72); argileux; structure diffuse; microporosité moyenne, effervescence à l'acide chlorhydrique, moyenne, modérée; racines et radicelles; sec.

10-25 cm : jaune pâle, (C 72); argileux; polyédrique irrégulier, net, compact; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; racines et radicelles; sec; à 25 cm, passage de 5 cm formé de taches gypseuses abondantes.

25-180 cm : jaune pâle, (C 72); argileux; structure diffuse; quelques fentes de retrait; effervescence à l'acide chlorhydrique moyenne, modérée; ni racines ni radicelles; frais.

Les analyses de conductivité nous indiquent une variation des sels solubles de 35 à 45 millimhos et un rapport Na/T allant de 37 à 47 p. 100. Il y a donc un certain lessivage des sels solubles mais, comme nous l'avons dit au paragraphe concernant les sols salés à alcali lessivés des plaines inondables, il y a pas de traces d'hydromorphie. Ces sols correspondent aux éosolonetz de Boulaine (p. 282, 1957).

IMP. OFFICIELLE - TUNIS